

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Ogris, K., 2015. Analiza ukrepov za doseganje minimalnih zahtev za novogradnje in večje preнове v skladu z Direktivo o energetske učinkovitosti stavb. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentor Kunič, R.): 52 str.

Datum arhiviranja: 30-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Ogris, K., 2015. Analiza ukrepov za doseganje minimalnih zahtev za novogradnje in večje preнове v skladu z Direktivo o energetske učinkovitosti stavb. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kunič, R.): 52 pp.

Archiving Date: 30-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

KATJA OGRIS

**ANALIZA UKREPOV ZA DOSEGANJE MINIMALNIH
ZAHTEV ZA NOVOGRADNJE IN VEČJE PRENOVE V
SKLADU Z DIREKTIVO O ENERGETSKI
UČINKOVITOSTI STAVB**

Diplomska naloga št.: 211/B-GR

**ANALYSIS OF INTERVENTIONS FOR ACHIEVING
MINIMUM REQUIREMENTS FOR NEW BUILDINGS
AND MAJOR RENOVATIONS IN ACCORDANCE WITH
ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE**

Graduation thesis No.: 211/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 22. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana KATJA OGRIS izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»ANALIZA UKREPOV ZA DOSEGANJE MINIMALNIH ZAHTEV ZA NOVOGRADNJE
IN VEČJE PRENOVE V SKLADU Z DIREKTIVO O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI
STAVB«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Kranj, 22.9.2015

Katja Ogris

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	699.86(497.4)(043.2)
Avtor:	Katja Ogris
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	doc. dr. Roman Kunič
Naslov:	Analiza ukrepov za doseganje minimalnih zahtev za novogradnje in večje prenove v skladu z Direktivo o energetske učinkovitosti stavb
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – UNI-B
Obseg in oprema:	52 str., 71 pregl., 13. Graf., 5 pril.
Ključne besede:	nič energijska hiše, potrebna energija, potrebna letna toplota za ogrevanje, poraba energije, energetska učinkovitost

Izvleček

Vsebina diplomske naloge zajema preučitev Direktive o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU skupaj z implementacijo njenih zahtev v slovensko zakonodajo ter analizo ukrepov za doseganje minimalnih zahtev za novogradnje in večje prenove na primeru obstoječega objekta. Znotraj direktive so opisani cilji in zahteve, ki vključujejo povečanje obsega skoraj nič-energijskih objektov do leta 2020. Diplomska naloga obsega predstavitev in analizo petih smiselnih ter izvedljivih ukrepov, ki vplivajo na zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje, hlada za hlajenje ter energijo za pripravo tople vode. S kombinacijo predlaganih ukrepov je možno energetske neučinkovit objekt prenoviti v objekt z visoko energetske učinkovitostjo.

V nadaljevanju je izvedena analiza štirih potencialnih primerov novogradnje, pri čemer lokacija, orientacija in dimenzije objekta ostanejo nespremenjeni. S primerjavo energetske bilance ugotovimo učinkovitost posameznih ukrepov in razlike v potencialu energetske učinkovitosti, ki jih prinaša različno obdobje gradnje.

Analiza ukrepov je izvedena s pomočjo programa TOST, ki omogoča izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.86(497.4)(043.2)
Author:	Katja Ogris
Supervisor:	Ph.D. Mitja Košir
Cosupervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič
Title:	Analysis of interventions for achieving minimum requirements for new buildings and major renovations in accordance with Energy Performance of Buildings Directive
Document type:	Graduation Thesis - University studies
Scope and tools:	52 p., 71 tab., 13 graph., 5 ann.
Keywords:	zero energy house, amount of energy, annual heating requirements, energy consumption, energy performance

Abstract

The Bachelor's thesis consists of study of the Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU together with the implementation of its claims in the Slovenian legislation and the analysis of actions to reach minimum demands for new buildings and major renovations, considering an existing structure. Described in the Directive are the goals and demands, which include the increase for nearly-zero energy buildings until 2020. The thesis includes the presentation and analysis of 5 reasonable and feasible actions which result in the decrease of the amount of needed energy for heating, cooling and hot water preparations. By a combination of suggested actions, an energetically ineffective structure can be renovated into a structure with high energetic efficiency.

Furthermore an analysis of four potential examples of new buildings was conducted with the orientation and dimensions of the structures remained fixed. By comparing the energy balance we are able to determine the efficiency of certain actions and the differences in potential of the energetic efficiency due to different time of construction.

The analysis of actions was conducted with the help of TOST software, which enables the calculation of the energy balance in accordance to Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah taking into account SIST EN ISO 13790 and TSG-1-004:2010.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	III
1 UVOD	1
2 O DIREKTIVI, SLOVENSKI ZAKONODAJI TER NIČ ENERGIJSKI HIŠI	2
2.1 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb	2
2.2 Prenos direktive EPBD v slovensko zakonodajo	3
2.2.1 Zakon o graditvi objektov (ZGO)	3
2.2.2 Energetski zakon	4
2.2.3 Zakon o varstvu okolja	4
2.3 Skoraj nič-energijske stavbe	5
3 Metoda.....	7
4 Predstavitev stavbe	8
4.1 Vhodni podatki	9
4.2 Razdelitev objekta na temperaturne cone	10
5 Prenova objekta	11
5.1 Sestava konstrukcijskih sklopov prvotno zasnovanega objekta	11
5.2 Vhodni podatki objekta pred prenovo	14
5.2.1 Energetska učinkovitost prvotno zasnovanega objekta.....	19
5.3 Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti objekta	20
5.3.1 Sprememba lastnosti transparentnih delov objekta	21
5.3.2 Sprememba toplotne prehodnosti netransparentnih konstrukcijskih sklopov objekta	25
5.3.3 Nočna izolacija	29
5.3.4 Mehansko prezračevanje	30
5.3.5 Regulacija temperature	33
5.4 Primerjava vseh ukrepov	34
5.5 Kombinacija ukrepov izboljšanja energetske učinkovitosti	37
6 Primer novogradnje	41
6.1.1 Sestave konstrukcijskih sklopov	41
7 Primerjava rezultatov	44
8 Zaključek	50
VIRI.....	52

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vhodni podatki o lokaciji in namembnosti objekta	9
Preglednica 2: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in število ogrevalnih dni po mesecih za obravnavano lokacijo.....	9
Preglednica 3: Klimatski podatki	9
Preglednica 4: Osnovni podatki ogrevanih con - cona 1 in cona 2	11
Preglednica 5: Osnovni podatki ogrevanih con - cona 3 in cona 4	11
Preglednica 6: Sestava tal pod terenom (pred prenovo).....	11
Preglednica 7: Sestava zunanje stene pod terenom (pred prenovo)	12
Preglednica 8: Sestava zunanje stene nad terenom (pred prenovo)	12
Preglednica 9: Sestava medetažne konstrukcije klet-pritličje, pritličje-nadstropje (pred prenovo)	12
Preglednica 10: Sestava medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje (pred prenovo).....	12
Preglednica 11: Sestava predelne stene (pred prenovo).....	13
Preglednica 12: Sestava strehe (pred prenovo)	13
Preglednica 13: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov in ustreznost predpisanim vrednostim po TSG4	13
Preglednica 14: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in pripravi tople vode prvotno zasnovanega objekta.....	14
Preglednica 15: Podatki o prezračevanju prvotno zasnovanega objekta.....	14
Preglednica 16: Podatki o površini netransparentnih delov med posameznimi conami s pripadajočimi U-faktorji.....	15
Preglednica 17: Podatki o površini transparentnih delov med posameznimi conami s pripadajočimi U-faktorji.....	15
Preglednica 18: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 1.....	16
Preglednica 19: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 2.....	16
Preglednica 20: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 3.....	17
Preglednica 21: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 4.....	17
Preglednica 22: Podatki o topli vodi in razsvetljavi znotraj posameznih con.....	18
Preglednica 23: Podatki o neto uporabni površini, kondicionirani prostornini stavbe, površini toplotnega ovoja in oblikovnemu faktorju	19
Preglednica 24: Rezultati toplotne bilance prvotno zasnovanega objekta - pred prenovo.....	19
Preglednica 25: Izgube in dobitki prvotno zasnovanega objekta-pred prenovo	20
Preglednica 26: Rezultati toplotne bilance pri zamenjavi oken - primer 1	21
Preglednica 27: Izgube in dobitki pri zamenjavi oken – primer 1	21
Preglednica 28: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po zamenjavi oken – primer 1	22
Preglednica 29: Rezultati toplotne bilance pri zamenjavi oken - primer 2	23
Preglednica 30: Izgube in dobitki pri zamenjavi oken – primer 2	23
Preglednica 31: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po zamenjavi oken – primer 2.....	23
Preglednica 32: Sestava zunanje stene pod terenom (po prenovi)	25
Preglednica 33: Sestava zunanje stene nad terenom (po prenovi)	26
Preglednica 34: Sestava medetažne konstrukcije klet-pritličje	26

Preglednica 35: Sestava medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje (po prenovi).....	27
Preglednica 36: Primerjava toplotnih prehodnosti pred in po prenovi z mejnimi vrednostmi po TSG	27
Preglednica 37: Rezultati toplotne bilance pri spremembi U-faktorjev netransparentnih delov	27
Preglednica 38: Izgube in dobitki objekta pri spremembi U-faktorjev netransparentnih delov	27
Preglednica 39: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po spremembi U-faktorjev netransparentnih delov	28
Preglednica 40: Rezultati toplotne bilance pri uporabi nočne izolacije	29
Preglednica 41: Izgube in dobitki objekta pri uporabi nočne izolacije	29
Preglednica 42: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po uporabi nočne izolacije.....	29
Preglednica 43: Vhodni podatki mehanskega prezračevanja pri ukrepih prenove	31
Preglednica 44: Rezultati toplotne bilance pri mehanskem prezračevanju	31
Preglednica 45: Izgube in dobitki objekta pri mehanskem prezračevanju	31
Preglednica 46: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po ukrepu mehanskega prezračevanja	31
Preglednica 47: Ukrep regulacije temperature ogrevanih con v odvisnosti od dela dneva.....	33
Preglednica 48: Rezultati toplotne bilance pri regulaciji temperature	33
Preglednica 49: Izgube in dobitki objekta pri regulaciji temperature	33
Preglednica 50: Primerjava prvotnega stanja s stanjem po ukrepu regulacije temperature	33
Preglednica 51: Rezultati toplotne bilance stavbe po prenovi, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo	37
Preglednica 52: Izgube in dobitki stavbe po prenovi, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo	37
Preglednica 53: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po prenovi, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo	38
Preglednica 54: Rezultati toplotne bilance stavbe po prenovi, uporaba oken s trojno zasteklitvijo	38
Preglednica 55: Izgube in dobitki stavbe po prenovi, uporaba oken s trojno zasteklitvijo.....	39
Preglednica 56: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po prenovi, uporaba oken s trojno zasteklitvijo	39
Preglednica 57: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in pripravi tople vode za primer novogradnje	41
Preglednica 58: Sestava tal na terenu za primer novogradnje [24]	41
Preglednica 59: Sestava medetažne konstrukcije klet-pritličje za primer novogradnje [25] ...	42
Preglednica 60: Sestava medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje za primer novogradnje [26]	42
Preglednica 61: Sestava zunanje stene pod terenom za primer novogradnje.....	42
Preglednica 62: Sestava zunanje stene nad terenom za primer novogradnje [27]	43
Preglednica 63: Sestava predelne stene za primer novogradnje.....	43
Preglednica 64: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov v primeru novogradnje in primerjava z stanjem zasnovanim leta 1967.....	43
Preglednica 65: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N1	44
Preglednica 66: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N2	44
Preglednica 67: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N3	45
Preglednica 68: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N4	45
Preglednica 69: Primerjava toplotne bilance posameznih ukrepov s prvotnim stanjem.....	47

Preglednica 70: Primerjava energetske učinkovitosti prvotno zasnovanega objekta, objekta po prenovi in objekta v primeru novogradnje	48
Preglednica 71: Letna raba primarne energije za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine	49
Preglednica 72: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in pripravi tople vode prenovljenega objekta [12]	49

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom zamenjave oken	22
Grafikon 2: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom spremembe U-faktorjev netransparentnih elementov.....	28
Grafikon 3: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom izvedbe nočne izolacije	30
Grafikon 4: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom mehanskega prezračevanja	32
Grafikon 5: Primerjava obstoječe letne potrebne toplote za ogrevanje z ukrepom regulacije temperature.....	34
Grafikon 6: Primerjava koeficientov specifičnih transmisijskih izgub med obstoječim stanjem in predlaganimi ukrepi	35
Grafikon 7: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje.....	36
Grafikon 8: Primerjava koeficienta specifičnih transmisijskih izgub stavbe pred in po prenovi	40
Grafikon 9: Primerjava potrebne toplote za ogrevanje pred in po prenovi	40
Grafikon 10: Primerjava ventilacijskih in transmisijskih izgub v sezoni ogrevanja in hlajenja	45
Grafikon 11: Primerjava notranjih in solarnih dobitkov v sezoni ogrevanja in hlajenja	46
Grafikon 12: Grafični prikaz razlike koeficienta specifičnih transmisijskih izgub z upoštevanjem aktualnih pravilnikov v časovnem obdobju krajšem od 50 let.....	47
Grafikon 13: Primerjava koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub pri prenovi in novogradnji objekta.....	48

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

U	Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov, [W/m^2K]
g	Prepustnost zasteklitve za celoten spekter sončnega sevanja [/]
OVE	Obnovljivi viri energije
H'_T	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja, [W/m^2K]
Q_P	Letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi, [kWh]
Q_{NH}	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, [kWh]
Q_{NC}	Letni potrebni hlad za hlajenje stavbe, [kWh]
A_u	Uporabna površina ogrevane cone (notranja tlorisna površina ogrevanih prostorov po projektu), [m^2]

1 UVOD

Stavbe obsegajo približno 40% skupne porabe energije v Evropski uniji (v nadaljevanju EU) ter s tem predstavljajo največjega potrošnika energije. Zaradi večanja obsega sektorja in posledično večanja porabe energije, sta Evropski parlament in Svet evropske unije, 19. maja 2010 v Strasbourgu, sprejela prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (2010/31/EU) (v nadaljevanju EPBD-r) [1].

Diplomska naloga zajema preučitev EPBD-r, skupaj z implementacijo njenih zahtev v slovensko zakonodajo ter analizo ukrepov za doseganje minimalnih zahtev za novogradnje in večje prenove na primeru obstoječega objekta.

V Sloveniji prevladujoč tip arhitekture predstavlja prostostoječa enodružinska hiša s pripadajočim odprtim prostorom [19]. V enostanovanjskih stavbah po statističnih podatkih stanovanjske politike EU, opravljene maja 2015, živi kar 66,5 % prebivalcev RS [20]. Povprečno stanovanje enodružinske hiše ima 4 sobe in kuhinjo s skupno povprečno površino 102,8 m², od tega je 70% takšnih stanovanj starejših od 30let. [21]

Na podlagi zbranih statističnih podatkov in številčnosti prenov, ki bodo za takšne objekte v prihodnje potrebne, sem se odločila, da potencialne ukrepe, ki bi omogočali doseganje zahtev za sNES, prikažem na primeru tipske enodružinske hiše iz leta 1967.

EPBD-r se pri prenovah sklicuje na objekte, katerih ukrepi prenove posegajo v več kot 25% površine stavbnega ovoja oz. stavbe katerih skupni stroški stavbnega ovoja ali tehničnih sistemov presegajo 25% vrednosti, brez vrednosti zemljišča na kateri stoji [1], pri vsem tem pa je potrebno upoštevati tudi stroškovno optimalno raven.

Poleg prenov, pri katerih smo s številom ukrepov za znižanje porabe energije ter s tem povečanje energetske učinkovitosti omejeni, pa se direktiva nanaša tudi na novogradnje. Kot primerjavo med nivojem energetske učinkovitosti, ki jo je moč doseči pri prenovi starejšega – prvotno toplotno neizoliranega objekta, ter nivojem energetske učinkovitosti, ki jo je moč doseči na nivoju novogradnje – z uporabo sodobnih materialov in tehnologij; bom nabor ukrepov za primer novogradnje predstavila še na primeru prostorsko in oblikovno enako zasnovanega objekta.

Rezultat diplomske naloge bo predstavljala primerjava potencialne energetske učinkovitosti objektov, ki po načinu gradnje izhajata iz različnih časovnih obdobj, z naborom ukrepov pa sledita predpisanim zahtevam EPBD-r.

Učinkovitost in izvedljivost predlaganih ukrepov bom preverila z uporabo računalniškega programa za izračun energetske bilance stavb – TOST [12].

2 O DIREKTIVI, SLOVENSKI ZAKONODAJI TER NIČ ENERGIJSKI HIŠI

2.1 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb

Z namenom zmanjšanja energetske odvisnosti in emisij toplogrednih plinov (CO_2) sta Evropski parlament in Svet evropske unije, 19. maja 2010 sprejela prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU (v nadaljevanju EPBD-r), v kateri so upoštevani cilji evropske podnebno-energetske politike (20-20-20 do leta 2020).

Cilji EPBD-r zajemajo:

- 20% zmanjšanje izpusta toplogrednih plinov,
- 20% povečanje energetske učinkovitosti,
- 20% povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE). [1]

Direktiva 2010/31/EU predstavlja prenovu njene predhodnice - Direktive 2002/91/ES, sprejete 16. decembra 2002, zaradi potrebe po vsebinskih spremembah.

Spremembe so bile potrebne, zaradi ugotovitve Evropske komisije, da prvotna direktiva ni zajela vseh stavb s potenciali; da primerjava med stavbami, zaradi vrste različnih računskih metod, ki so se pojavile za določanje rabe energije, ni bila mogoča in da minimalne zahteve pogosto niso bile stroškovno učinkovite.

Vsebinske spremembe so bile poleg naštetih razlogov potrebne tudi zaradi neuspeha držav članic pri prenosu sistema v nacionalno zakonodajo v predpisanih rokih ter hkratne vzporedne potrebe po zaostritvah zahtev z namenom povečanja učinkovitosti te direktive.

EPBD-r članicam EU predpisuje: [3]

- splošni okvir metodologije za izračun celovite energetske učinkovitosti stavb in stavbnih enot,
- uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih stavb in stavbnih enot,
- oblikovanje nacionalnih načrtov za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb,
- energetske certificiranje stavb ali stavbnih enot,
- redne preglede ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah,
- neodvisni sistem nadzora nad energetskimi izkaznicami in izdajanje poročil o rednih pregledih ogrevalnih in klimatskih sistemov.

Cilj prenovljene direktive, poleg povečanja števila skoraj nič-energijskih novogradenj, predstavlja tudi povečanje energetske učinkovitosti prenovljenih objektov. Države članice morajo s sprejetjem nacionalnih načrtov predvideti ukrepe, ki bodo omogočali, da bodo:

- do 31. decembra 2018 vse nove javne stavbe skoraj nič-energijske,
- do 31. decembra 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske.

Države članice morajo o napredku redno poročati Evropski komisiji, nacionalni načrti pa morajo vsebovati podrobno obrazložitev korakov do uresničevanja zadanega cilja ter postavitev vmesnih ciljev, ki jih bodo skušali doseči. [1]

2.2 Prenos direktive EPBD v slovensko zakonodajo

Slovenija je direktivo implementirala s sprejetjem treh zakonov ter na njihovi podlagi sprejetih pravilnikov: [4]

- Zakon o graditvi objektov (ZGO) [5], ki zajema:
 - Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [6]:
 - Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije [2]
 - Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji naprav [7]
- Energetski zakon, ki zajema [8]:
 - Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [9]
 - Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo [10]
 - Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES) [22]
- Zakon o varstvu okolja [14]

2.2.1 Zakon o graditvi objektov (ZGO)

Zakon o graditvi objektov opredeljuje metodologijo računa toplotne bilance stavbe ter minimalne zahteve za novogradnje in večje prenovе. [5]

Znotraj svoje vsebine se sklicuje na naslednje pravilnike:

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [6] v katerem so določene tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave. Predpisuje zahtevo, da morajo stavbe del energije potrebne za svoje delovanje pridobiti iz lastnih obnovljivih virov ter se sklicuje na obvezno uporabo Tehnične smernice za graditev (TSG-1-004:2010): Učinkovita raba energije (v nadaljevanju: TSG). TSG določa metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe. [2]
PURES 2010 skladno z zakonom o graditvi objektov pokriva vse tri faze graditve: projektiranje, gradnjo in vzdrževanje stavb.
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [7], ki določa tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter tehnične zahteve za mehanske prezračevalne sisteme, če se ti vgradijo v stavbo. Pravilnik obravnava notranje okolje v pogledu kakovosti zraka in toplotnega okolja ter s tem določa najnižjo še dopustno kakovost tega dela notranjega okolja.
Pravilnik ne velja za nestanovanjske kmetijske stavbe, stavbe, ki spadajo v skupino industrijskih objektov ter za stavbe namenjene za uporabo manj kot štiri mesece letno.

2.2.2 Energetski zakon

Energetski zakon (EZ-1), sprejet 24. februarja 2014, določa načela energetske politike, načela in ukrepe za doseganje zanesljive oskrbe z energijo, načela za povečanje energetske učinkovitosti in varčevanja z energijo ter za večjo rabo energije iz obnovljivih virov. Znotraj svoje vsebine predpisuje energetske izkaznice, študije izvedljivosti za alternativne energetske sisteme (AES) ter redne preglede klimatizacijskih sistemov [8]. Sklicuje se na uporabo pravilnikov:

- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [9], ki določa podrobnejšo vsebino in obliko energetske izkaznice stavbe ter metodologijo za izdelavo in izdajo energetske izkaznice.
- Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo¹ [10], ki določa, da mora študija izvedljivosti vsebovati vse potrebne podatke in izračune tako, da je mogoče enostransko oceniti energijske, okoljske, finančne, tehnične, tehnološke in prostorske učinke skupaj z primernostjo naložbe. Tako oblikovana študija investitorju omogoča, da v investicijo vključi najprimernejši razpoložljivi vir energije.
- Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES) [22], sprejet aprila 2015, vključuje cilje, programe ter ukrepe za doseganje ciljev za sNES, pa tudi kadrovske in finančne vire za izvedbo teh programov in ukrepov. Vlada na podlagi ministrstva, pristojnega za energijo, sprejme in vsake tri leta obnovi AN sNES za obdobje do leta 2020. Vzporedno s tem pa pripravi tudi poročilo o napredku pri povečanju števila sNES ter o tem obvesti Evropsko komisijo.

2.2.3 Zakon o varstvu okolja

Varstvo okolja pred obremenjevanjem predstavlja temeljni pogoj za trajnostni razvoj.

Z namenom zagotavljanja varstva okolja, učinkovite rabe energije, varstva človekovega zdravja in varstva pred požarom, je bil 31.03.2004 sprejet Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) [14]. V svoji vsebini določa način in pogoje izvajanja obvezne državne gospodarske javne službe, ki je zadolžena za izvajanja meritev, pregledovanja in čiščenja kurilnih naprav, dimnih vodov ter zračnikov [4].

Trenutno je v veljavi njegova sedma dopolnitev (ZVO-1G).

¹ Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo (Uradni list RS, št. 35/08) je z dnem uveljavitve Energetskega zakona, dne 7.3.2014, prenehal z veljavo, vendar pa se še uporablja do uveljavitve novih podzakonskih prepisov izdanih na podlagi Energetskega zakona. (Energetski zakon, 554. člen [8])

2.3 Skoraj nič-energijske stavbe

Pojem »skoraj nič-energijska stavba« (sNES) je v Direktivi EPBD-r opredeljen kot stavba z zelo visoko energetske učinkovitostjo oz. zelo majhno količino potrebne energije. Energijo potrebno za svoje delovanje pa v veliki meri zadosti z energijo iz obnovljivih virov (OVE) proizvedeno na kraju samem ali v bližini.

Energija potrebna za običajno rabo vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo. Običajno se podaja v kWh/m^2 ali kWh/m^3 .

Energija pridobljena iz OVE predstavlja tiste vire, ki se v naravi ohranjajo ali vsaj delno obnavljajo. Sem sodijo sončna energija, energija vetra, hidrotermalna energija, energija oceanov, energija biomase, energija deponijskega plina ipd. [1]

Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES) [22] definicijo podano v EPBD-r dopolnjuje z zajemom naslednjih elementov:

- Opredelitev stavbe z zelo visoko energetske učinkovitostjo; pri čemer z uvedbo minimalnih zahtev za sNES predvideva dodatno znižanje največje dovoljene toplote za ogrevanje na $25kWh/m^2a$ (energijski razredi A1, A2 in B1). Zgornja meja pa se v predpisu smiselno prilagodi, upoštevajoč klimatske značilnosti na lokaciji stavbe in oblikovno faktor stavbe.
- Majhna količina potrebne energije za delovanje stavbe, ki je določena glede na vrsto stavbe. Za enostanovanjske stavbe letno največja dovoljena vrednost primarne energije na enoto kondicionirane površine v primeru novogradnje znaša $75kWh/m^2a$, v primeru večje prenovе pa le-ta ne sme preseči $95kWh/m^2a$.
- Najmanjši dovoljen delež OVE oz. potrebna energija v veliki meri proizvedena iz OVE na kraju samem ali v bližini, ki se določi v deležu glede na skupno dovedeno energijo. Predviden je najmanj 50% delež OVE v skupno dovedeni energiji za delovanje stavbe.

Po PURES 2010 (7. in 16. člen) se stavba smatra kot energetske učinkovita, če je izpolnjen najmanj eden izmed naslednjih pogojev[6]:

- Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine Q_{NH}/A_u določena po PURES 2010 ne presega $25kWh/m^2a$.
- Stavba izpolnjuje zahteve PURES 2010 po uporabi obnovljivih virov energije, tako da je delež končne energije za ogrevanje, hlajenje ter pripravo tople vode pridobljen na enega od naslednjih načinov:
 - najmanj 25% energije iz sončnega sevanja,
 - najmanj 30% energije iz plinaste biomase,
 - najmanj 50% energije iz trdne biomase,
 - najmanj 50% energije iz toplote okolja,

- najmanj 50% energije iz naprav za sproizvodnjo toplote in električne energije z visokim izkoristkom v skladu s predpisom, ki ureja podpore električni energiji, proizvedeni v sproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom,
 - najmanj 50% energije iz oskrbovanega sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oz. hlajenja.
- Če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine oz. površino stavbe, za najmanj 30 % manjša od mejne vrednosti navedene znotraj 7.člena.
 - Za primer enostanovanjske stavbe je energijska učinkovitost dosežena tudi, če je vgrajenih najmanj 6m² svetle površine sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500kWh/m²a.

Zaradi raznolikosti klimatskih razmer in tradicije gradnje znotraj posameznih držav članic, EPBD-r ne predpisuje enotnega pristopa za izvajanje sNES. Od držav članic zahteva pripravo nacionalnih načrtov, ki odražajo nacionalne, regionalne in lokalne razmere.

Osnovne zahteve za gradbene objekte so določene znotraj Uredbe (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta, z dne 9. marca 2011. Na porabo energije se nanaša zahteva št. 6 – Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote, ki navaja, da morajo biti gradbeni objekti in njihove naprave za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo in prezračevanje načrtovane in grajene tako, da je poraba energije pri obratovanju objekta in naprav majhna, upoštevajoč osebe v objektu in lokalne podnebne razmere [17]. Zahteve so podrobneje razložene v razlagalnih dokumentih.

3 Metoda

Metoda dela bo temeljila na uporabi programa za izračun energetske bilance – TOST. Program v svoji uporabi z vnosom vhodnih količin (lokacija in geometrija objekta ter lastnosti transparentnih in netransparentnih elementov) upošteva zahteve PURES 2010 ter nam poda izračun toplotne bilance.

Minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti se nanašajo predvsem na naslednje količine:

- Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja H'_T . Največja še dovoljena vrednost je podana v odvisnosti od klimatskih razmer v katerih se stavba nahaja ter od njene razčlenjenosti in deleža zasteklitve v ovoju.
- Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} , preračunana na enoto ogrevane površine A_u oz. prostornine V_e . Dobljena vrednost mora biti manjša od mejne vrednosti, ki pa je odvisna od klimatskih razmer na lokaciji stavbe.
- Letni potrebni hlad za hlajenje stavbe Q_{NC} , ki mora biti manjši od dovoljene vrednosti določene za stanovanjske stavbe.
- Omejena je primarna energija za delovanje sistemov v stavbi Q_P za stanovanjske stavbe, ki vključuje ogrevanje, hlajenje, prezračevanje ter električno energijo za razsvetljavo.
- Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov U .

Najprej sem preverila energetske učinkovitost obravnavanega objekta v obstoječem stanju.

Temu je sledila analiza posameznih ukrepov izvedenih na obstoječem stanju. Pri primerjavi ukrepov s prvotnim stanjem sem spremljala spremembe letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje ter koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub. Zaradi povezave porabe energije z dobitki (notranji ter solarni dobitki) in izgubami (transmisijske in ventilacijske izgube) pa je bila smiselna primerjava rezultatov tudi na tem nivoju. Z združitvijo posameznih ukrepov, ki na energetske bilanco delujejo pozitivno, sem se nato skušala približati zahtevam, ki veljajo za sNES.

Ker pa se EPBD-r nanaša tudi na novogradnje, sem se zasnove lotila tudi na primeru, kot da bi se stavba gradila danes. Upoštevana je enaka izhodiščna lokacija objekta z vsemi geometrijskimi karakteristikami, spremenjene pa so vrednosti U-faktorjev transparentnih in netransparentnih površin ter dodani ukrepi za povečanje energetske učinkovitosti.

Dobljene rezultate sem na koncu primerjala z energetske učinkovitostjo objekta po prenovi ter s prvotno zasnovanim stanjem objekta.

Rezultati predstavljajo razpon energetskega potenciala, ki ga je moč doseči z ukrepi preнове, hkrati pa so jasni pokazatelj napredka sodobnih materialov, ki se odražajo v visokih razlikah energijskih prihrankov med starejšimi in novimi objekti.

4 Predstavitev stavbe

Objekt obravnave predstavlja tipsko zasnovana enonadstropna stanovanjska hiše, ki se nahaja na Bleiweisovi cesti 68 v Kranju (Slika 1). Načrti, zasnovani leta 1967, sodijo v kategorijo objektov, ki so se gradili pred prvo energetske krizo v 70-ih letih. Za objekte grajene v tem obdobju je značilna redka uporaba toplotno izolacijskih materialov.

Kljub temu, da je bil objekt v preteklosti že prenovljen in tudi nadgrajen, bom zaradi številčnosti konstrukcijsko podobno zasnovanih ter še neprenovljenih objektov pri nas, pri ukrepih prenove izhajala iz prvotno zasnovanih načrtov.



Slika 1: Panoramski pogled lokacije objekta [15]

Hišo tlorisnih dimenzij 8,62m x 10,01m sestavljajo klet, pritličje ter nadstropje. V neogrevani kleti s svetlo višino 2,3 m, ki je v zemljo vkopana do višine 1,39m, se nahaja garaža z domačo delavnico, skladišni prostor, shramba za živila ter hodnik s stopniščem. Skupna uporabna površina znaša 66,50m². Temelji, tlaki in kletni zidovi so grajeni iz nearmiranega betona.

V pritličju z uporabno površino 64,60m² ter s svetlo višino 2,5m se nahaja kuhinja z jedilnico, dnevna soba, sanitarije, spalnica z dvema ležiščema, hodnik in stopnišče.

V nadstropju z uporabno površino 64,60m² ter 2,5m svetle višine se nahajajo spalni prostori skupaj z pripadajočim hodnikom in stopniščem. Zasnovo nadstropja bi se eventuelno dalo urediti tudi v stanovanje identično pritličnemu. Vsi nosilni zidovi v pritličju in nadstropju so zidani z modularno opeko v podaljšani cementni malto 1:3:9, predelne stene pa z navadno opeko v apneni malto 1:3.

Podstrešje je neogrevano ter izdelano iz lesenih leg preko katerih so nameščeni špirovci in klešče v naklonu 35°. Streha je dvokapna, kritina je izdelana iz cementnih strešnikov, njena slemenska lega pa poteka v smeri vzhod-zahod.

Tlorisi objekta ter prečni prerez se nahajajo v Prilogah A-E.

4.1 Vhodni podatki

Pri preverjanju energetske učinkovitosti izbranega objekta bom uporabila podatke, kot so prikazani v preglednicah 1-3. Podatki se nanašajo na lego objekta in zajemajo povprečne mesečne temperature, količino globalnega sončnega sevanja po orientacijah, število ogrevalnih dni ter splošne klimatske podatke.

V program TOST so bili vneseni podatki, prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Vhodni podatki o lokaciji in namembnosti objekta

Vrsta stavbe	Enostanovanjska hiša
Toplotna prevodnost zemljine	2
Lokacija [15]:	Kranj
X=	124277
Y=	450587

Preglednica 2: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in številu ogrevalnih dni po mesecih za obravnavano lokacijo

Mesec	Povprečna temperatura	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-2,0	140	39	73	208	89	31
Februar	1,0	250	48	101	249	126	28
Marec	4,0	333	77	167	282	192	31
April	8,0	431	110	215	247	216	30
Maj	14,0	559	139	271	242	256	25
Junij	17,0	591	166	268	226	281	0
Julij	19,0	628	156	286	244	301	0
Avgust	18,0	548	124	259	276	274	0
September	14,0	392	93	191	279	195	13
Oktober	9,0	254	70	129	240	131	31
November	4,0	156	51	89	178	83	30
December	0,0	112	36	65	158	64	31
Ogrevalna sezona	5,0	2254	588	1143	1882	1194	250

Preglednica 3: Klimatski podatki

Klimatski podatki	
Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3500
Projektna temperatura (°C)	-16
Povprečna letna temperatura (°C)	8,9
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1209
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	250
Začetek ogrevalne sezone (dan)	260
Konec ogrevalne sezone (dan)	145

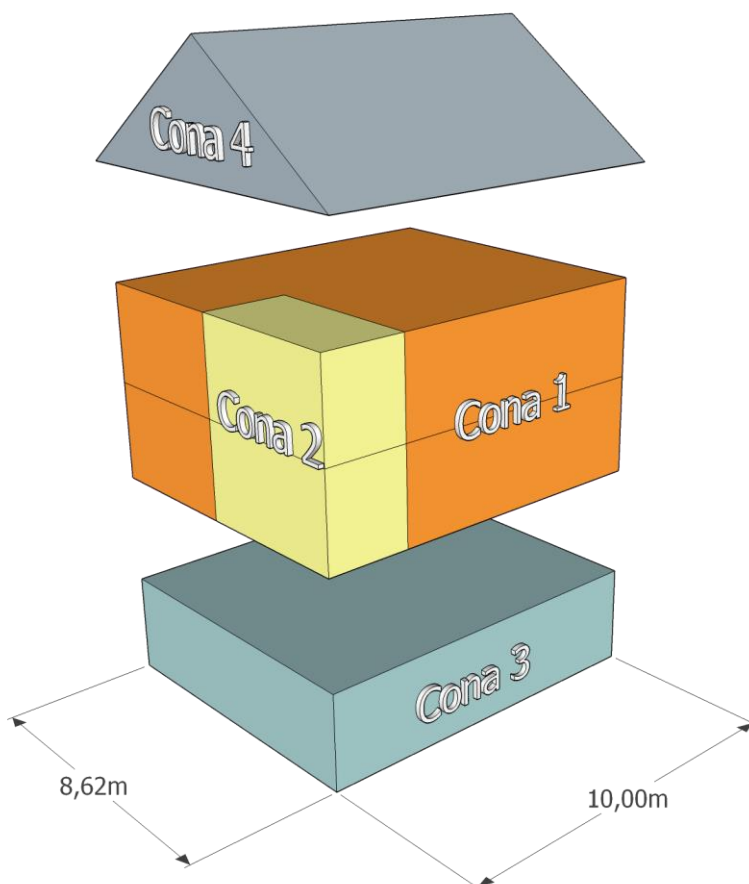
4.2 Razdelitev objekta na temperaturne cone

Upoštevajoč predvideno razporeditev prostorov v objektu, sem stavbo razdelila na dve ogrevani ter dve ločeni neogrevani coni. Prvo ogrevano cono predstavlja stanovanjski del objekta v pritličju in prvem nadstropju iz katerega je izvzeto stopnišče. Stopnišče z orientacijo na severni strani objekta predstavlja cono 2, ki je v primerjavi z prvo manj ogrevana. Tretjo cono predstavlja neogrevana klet, ki se delno nahaja pod terenom, četrto cono pa neogrevano podstrešje.

Razporeditev objekta na zgoraj opisane cone je prikazana na sliki 2. Na njih nanašajoče količine vnesene v program TOST so prikazane v preglednicah 4 in 5.

Uporabne površine cone sem upoštevala v vrednostih, kot so navedene znotraj vsebine načrtov oz. navedene v poglavju 5.2.

Povprečna moč dobikov notranjih virov je upoštevana v vrednosti $5 \frac{W}{m^2}$ uporabne površine [12].



Slika 2: Razdelitev objekta po conah

Preglednica 4: Osnovni podatki ogrevanih con - cona 1 in cona 2

Vhodni podatki ogrevanih con				
Opis cone	Cona 1		Cona 2	
Neto prostornina cone V_e [m ³]	618		43,54	
Uporabna površina cone A_u [m ²]	123,6		5,6	
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	srednja		srednja	
Efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	20,39		0,92	
Projektna notranja temperatura (°C)	Dan	Noč	Dan	Noč
Pozimi	20	20	18	16
Poleti	26	26	26	26
Povprečna moč dobitkov notranjih virov [W]	Dan	Noč	Dan	Noč
	618	618	28	28

Preglednica 5: Osnovni podatki ogrevanih con - cona 3 in cona 4

Vhodni podatki neogrevanih con		
Opis cone	Cona 3	Cona 4
Neto prostornina cone V_e [m ³]	146,3	14,44
Uporabna površina cone A_u [m ²]	66,5	86,29

5 Prenova objekta

5.1 Sestava konstrukcijskih sklopov prvotno zasnovanega objekta

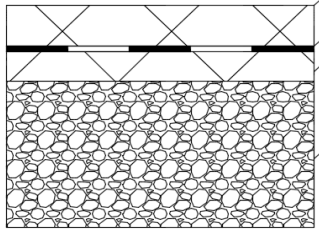
Toplotno prehodnost posameznih konstrukcijskih sklopov sem preverila s pomočjo programa za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope. Uporabljen program-TEDI pri svojih izračunih sledi Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 ter SIST 1025:2002. [13]

Dobljene rezultate toplotne prehodnosti sem nato primerjala s predpisanimi vrednostmi, kot jih določa TSG.

Številčenje plasti poteka od notranje (toplejše) proti zunanji (hladnejši) mejni plasti.

Sestave konstrukcijskih sklopov so za prvotno zasnovano objekta (pred prenovo) prikazane v preglednicah 6-12, njihova ustreznost v skladu z zahtevami predpisanim v Tehnični smernici pa prikazuje preglednica 13.

Preglednica 6: Sestava tal pod terenom (pred prenovo)

Tla pod terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Betoni iz kamnitega agregata	0,07
	2	Bitumen	0,01
	3	Betoni iz kamnitega agregata	0,05
	4	Pesek in droban prodec	0,25

Preglednica 7: Sestava zunanje stene pod terenom (pred prenovo)

Zunanja stena pod terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,020
	2	Betoni iz kamnitega agregata	0,200
	3	Bitumen	0,005

Preglednica 8: Sestava zunanje stene nad terenom (pred prenovo)

Zunanja stena nad terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,020
	2	Mrežasti opečni votlak (gosta opeka z votlinami)	0,150
	3	Podaljšana apnena malta	0,030
	4	Plemenita fasadna malta	0,020

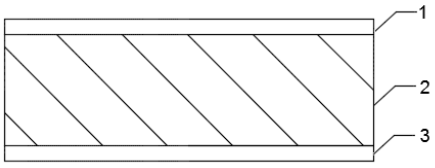
Preglednica 9: Sestava medetažne konstrukcije klet-pritličje, pritličje-nadstropje (pred prenovo)

Medetažna konstrukcija klet-pritličje, pritličje-nadstropje			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Hrastov parket	0,025
	2	Iverke – trde	0,013
	3	Suh pesek	0,012
	4	Betoni iz kamnitega agregata	0,150
	5	Apnena malta	0,020

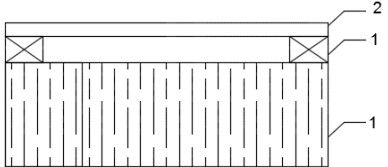
Preglednica 10: Sestava medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje (pred prenovo)

Medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,020
	2	Betoni iz kamnitega agregata	0,150
	3	Lesni beton [16]	0,130
	4	Betoni iz kamnitega agregata	0,020

Preglednica 11: Sestava predelne stene (pred prenovo)

Predelne stene			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,020
	2	Polna opeka	0,150
	3	Apnena malta	0,020

Preglednica 12: Sestava strehe (pred prenovo)

Streha			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Les- hrast	0,25
	2	Azbestno cementni strešnik	0,020

Preglednica 13: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov in ustreznost predpisanim vrednostim po TSG4

Konstrukcijski sklop	Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	Največje dovoljene vrednosti konstrukcijskih sklopov $U_{max} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$	Ustreznost predpisanim vrednostim
Tla pod terenom	2,387	0,30	NE
Zunanja stena pod terenom	3,705	0,35	NE
Zunanja stena nad terenom	1,986	0,28	NE
Medetažna konstrukcija klet-pritličje	1,972	0,28	NE
Medetažna konstrukcija pritličje-nadstropje	1,972	0,35	NE
Medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje	1,932	0,20	NE
Predelne stene	1,973	0,70	NE
Streha	2,889	0,20	NE

5.2 Vhodni podatki objekta pred prenovo

Obravnavani objekt za ogrevanje in pripravo tople vode uporablja lahko kurilno olje, hlajenje objekta pa se izvaja s pomočjo električne energije. Karakteristike energentov so prikazane v preglednici 14.

Vpliv toplotnih mostov (TM) se je s programom TOST upošteval na poenostavljen način, kot ga dopušča TSG. V primeru, da imajo vsi TM linijsko toplotno prehodnost Ψ_e manjšo od $0,2\text{W}/(\text{mK})$, se vpliv TM upošteva s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za $0,06\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ [2].

Preglednica 14: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in pripravi tople vode prvotno zasnovanega objekta

Energent in učinkovitost sistema	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
	Lahko kurilno olje	električna energija	Lahko kurilno olje
Generacija	0,8	2,5	0,8
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,96	0,92	0,96

Zaradi starosti objekta je predpostavljena netesnost stavbnega pohištva, kar v kombinaciji z naravnim prezračevanjem prinaša višje urne izmenjave zraka, ki se bodo kasneje odražale v toplotnih izgubah. Predpostavljene urne izmenjave zraka so prikazane v preglednici 15.

Preglednica 15: Podatki o prezračevanju prvotno zasnovanega objekta

Vhodni podatki/Oznaka cone	Cona 1	Cona 2	Cona 3	Cona 4
Vrsta prezračevanja	naravno	naravno	naravno	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (1/h) dan/noč	0,7	0,7	0,7	1,0
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n (1/h) dan/noč	0,5	0,3	0,3	0,5

V preglednici 16 so podani podatki o površini netransparentnih delov med posameznimi conami s pripadajočimi U-faktorji, podatki o transparentnih delih objekta so prikazani v preglednici 17.

Preglednica 16: Podatki o površini netransparentnih delov med posameznimi conami s pripadajočimi U-faktorji

CONE (m ²)	Cona 1	Cona 2	Cona 3	Cona 4
Cona 1				
A (m ²)		30,55	80,95	86,29
U (W/m ² K)		1,973	1,972	1,932
Cona 2				
A (m ²)	30,55		2,8	8,14
U (W/m ² K)	1,973		1,972	1,932
Cona 3				
A (m ²)	80,95	2,8		/
U (W/m ² K)	1,972	1,972		/
Cona 4				
A (m ²)	86,29	8,14	/	
U (W/m ² K)	1,932	1,932	/	

Preglednica 17: Podatki o površini transparentnih delov med posameznimi conami s pripadajočimi U-faktorji

CONE (m ²)	Cona 1	Cona 2	Cona 3	Cona 4
Cona 1				
A (m ²)		6,86	/	/
U (W/m ² K)		1,3	/	/
Cona 2				
A (m ²)	6,86		/	/
U (W/m ² K)	1,3		/	/
Cona 3				
A (m ²)	/	/		/
U (W/m ² K)	/	/		/
Cona 4				
A (m ²)	/	/	/	
U (W/m ² K)	/	/	/	

Podatki navezujoč se na dimenzije in lastnosti netransparentnih površin skupaj z pripadajočimi orientacijami, površinami ter lastnostmi transparentnih površin posameznih con so prikazani v preglednicah 18-21.

Preglednica 18: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 1

Cona 1				
Zunanja stena (netransparentni del) [m ²]	58,6			
Toplotna prehodnost U [W/(m ² K)]	1,986			
Transparentni konstrukcijski sklopi v odvisnosti od orientacije	J	S	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	12,48	2,24	6,72	5,6
Toplotna prehodnost Uw [W/(m ² K)]	2,8	2,8	2,8	2,8
Faktor prehoda sončnega sevanja g [/]	0,76	0,76	0,76	0,76
Faktor okvirja	0,2	0,2	0,2	0,2

Preglednica 19: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 2

Cona 2				
Zunanja stena (netransparentni del) [m ²]	24,95			
Toplotna prehodnost U [W/(m ² K)]	1,986			
Transparentni konstrukcijski sklopi v odvisnosti od orientacije	J	S	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	/	7	/	1,6
toplotna prehodnost Uw [W/(m ² K)]	/	2,8	/	2,8
Faktor prehoda sončnega sevanja g [/]	/	0,76	/	0,76
Faktor okvirja	/	0,2	/	0,2

Preglednica 20: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 3

Cona 3				
Zunanja stena (netransparentni del) [m ²]	25,11			
Toplotna prehodnost U [W/(m ² K)]	1,986			
Toplotni upor zunanje stene v stiku z zemljino [m ² K/W]	0,27			
Debelina zunanje stene nad terenom	0,3			
Topl. prehodnost zunanje stene kleti nad terenom [W/(m ² K)]	1,986			
Topl. prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo [W/(m ² K)]	1,972			
Transparentni konstrukcijski sklopi v odvisnosti od orientacije	J	S	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	1,28	4,74	1,92	1,6
toplotna prehodnost Uw [W/(m ² K)]	2,8	2,8	2,8	2,8
Faktor prehoda sončnega sevanja g [/]	0,76	0,76	0,76	0,76
Faktor okvirja	0,2	0,2	0,2	0,2
Tla kleti				
Površina tal kleti Abf (m ²)	86,29			
Izpostavljen obseg tal P	37,26			
Skupni toplotni upor tal Rbf,t [W/(m ² K)]	2,387			
Globina tal kleti pod nivojem tal z (m)	1,39			
Višina zgornje površine stropa kleti nad nivojem terena	0,81			
Urna izmenjava zraka (iz kleti) z zunanjim zrakom n (1/h)	0,3			

Preglednica 21: Podatki o lastnostih in dimenzijah transparentnih in netransparentnih površinah cone 4

Cona 4				
Zunanja stena (netransparentni del) [m ²]	27,987			
Toplotna prehodnost U [W/(m ² K)]	1,986			
Površina strehe [m ²]	123,13			
Toplotna prehodnost strehe U [W/(m ² K)]	2,889			
Transparentni konstrukcijski sklopi v odvisnosti od orientacije	J	S	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	0,64	0,25	/	/
toplotna prehodnost Uw [W/(m ² K)]	2,8	2,8	/	/
Faktor prehoda sončnega sevanja g [/]	0,76	0,76	/	/
Faktor okvirja	0,2	0,2	/	/

Toplo vodo je potrebno zagotavljati le v stanovanjskem delu objekta-coni 1. Način razsvetljave skupaj s pripadajočo gostoto močjo svetilk je prikazan v preglednici 22. Cona 4 je, zaradi nebivalnega in nepohodnega podstrešja, predpostavljena brez razsvetljave.

Preglednica 22: Podatki o topli vodi in razsvetljavi znotraj posameznih con

Topla voda in razsvetljava	Cona 1	Cona2	Cona3	Cona 4
Število dni zagotavljanja tople vode [dni]	365	/	/	/
Referenčna površina stanovanja (m ²)	123,6	/	/	/
Gostota moči svetilk/Maksimalna gostota moči svetilk	8 / 8	8 / 8	5 / 8	0
Zasilna razsvetljava	Ne	Ne	Ne	Ne
Avtomatsko vodenje razsvetljave	Ne	Ne	Ne	Ne
Nadzorni sistem stalne osvetljenosti	Ne	Ne	Ne	Ne
Upoštevanje zasedenosti	Ročno	Ročno	Ročno	Ročno
Upoštevanje vpliva dnevne svetlobe	Ročno	Ročno	Ročno	Ročno

5.2.1 Energetska učinkovitost prvotno zasnovanega objekta

Pri preverjanju energetske učinkovitosti prvotno zasnovanega objekta sem predpostavila, naravno prezračevanje v vseh conah. Zaradi starosti objekta so upoštevane dodatne toplotne izgube na račun dejstva, da objekt ni zrakotesen. Na nebivalnem lesenem podstrešju (cona 4) je predpostavljeno prezračevanje z urno izmenjavo zraka $1,0 h^{-1}$, v vseh preostalih conah pa je izmenjava zraka $0,7 h^{-1}$.

Toplotne prehodnosti vseh konstrukcijskih sklopov presegajo po PURES 2010 predpisane količine s 3- do 15-kratnikom vrednosti.

Pozimi je v stanovanjskem delu objekta skozi tekem dneva zagotovljena temperatura 21°C , na stopnišču pa 18°C . Poleti je v obeh conah (cona 1 in cona 2) vzdrževana temperatura pod 26°C . Ostale cone so neogrevane.

Pri izračunih nam program TOST poda vrednosti skupne neto uporabne površine in kondicionirane prostornine stavbe ter površino toplotnega ovoja s pripadajočim oblikovnim faktorjem, kot je prikazano v preglednici 23.

Rezultati toplotne bilance, izgub in dobitkov objekta pred prenovo so prikazani v preglednicah 24-25.

Preglednica 23: Podatki o neto uporabni površini, kondicionirani prostornini stavbe, površini toplotnega ovoja in oblikovnemu faktorju

Neto uporabna površina stavbe A_u [m^2]	129,2
Kondicionirana prostornina stavbe V_e [m^3]	661,54
Površina toplotnega ovoja A_{ovoj} [m^2]	297,37
Oblikovni faktor $f_0 = (A_{ovoj}/V_e)$ [m^{-1}]	0,45

Preglednica 24: Rezultati toplotne bilance prvotno zasnovanega objekta - pred prenovo

		Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub stavbe H_T' [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]		1,11	0,43
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]		74099	23764
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]		46369	4132
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]		0	6460
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	358,90	32,81
	Q_{NH}/V_e [$\text{kWh}/\text{m}^3\text{a}$]	70,09	-

Preglednica 25: Izgube in dobitki prvotno zasnovanega objekta-pred prenovo

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m ²]	365,10	0,00
Ventilacijske izgube [kWh/m ²]	91,32	0,00
Skupne izgube [kWh/m ²]	456,42	0,00
Notranji dobitki [kWh/m ²]	35,73	0,00
Solarni dobitki [kWh/m ²]	81,85	0,00
Skupni dobitki [kWh/m ²]	117,58	0,00

Iz rezultatov je razviden velik razkorak med dobljenimi ter v skladu s PURES 2010 dovoljenimi vrednostmi.

Neoziranje na energetske potratnosti objektov v obdobju pred energetske krize v 70-ih letih prejšnjega stoletja se močno odraža na rezultatih. Letna raba primarne energije z vrednostjo 74099 kWh znaša kar trikrat več kot bi bilo za obravnavani objekt dopustno. Močno izstopa tudi letna potrebna toplota za ogrevanje, ki po PURES 2010 dovoljeno vrednost preseže z kar enajstkratno vrednostjo.

Letni potrebni hlad za hlajenje predstavlja edino količino, ki ustreza predpisanim zahtevam.

Poleg izredno visoke rabe primarne energije in potrebne toplote pa na energetske neučinkovitosti obravnavanega objekta močno vplivajo tudi visoke vrednosti transmisijskih ter ventilacijskih izgub, ki so posledica neuporabe toplotno izolacijskih materialov.

V nadaljevanju bom z uporabo ukrepov za povečanje energetske učinkovitosti poskusila zmanjšati potrebno toploto za ogrevanje ter se približati vrednostim, ki veljajo za skoraj nič-energijske objekte.

5.3 Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti objekta

Število ukrepov za zmanjšanje porabe energije v stavbi je pri prenovi pogosto omejeno. Zaradi smiselnosti izvedbe prenove sem se omejila le na nekaj najsmiselnejših ukrepov.

Učinkovitost posameznih ukrepov bom preverila v programu TOST, dobljene rezultate pa nato primerjala z referenčnim stanjem prvotno zasnovanega objekta.

Izvedla bom sledeče ukrepe:

- Sprememba toplotne prehodnosti ter prepustnosti sončnega sevanja transparentnih elementov,
- Sprememba toplotne prehodnosti netrasparentnih konstrukcijskih sklopov,
- Uporaba nočne izolacije,
- Uvedba mehanskega prezračevanja,
- Regulacija temperature ogrevanih prostorov.

5.3.1 Sprememba lastnosti transparentnih delov objekta

Okna s skupno površino 41,33m² predstavljajo 14% površine toplotnega ovoja objekta. S svojo orientacijo in površino omogočajo zajem sončne energije in z njimi povezane toplotne dobitke. Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela je podan z brezdimenzionalnim faktorjem g. Toplotne in ventilacijske izgube pa so posledica visoke toplotne prehodnosti zasteklitve ter slabega tesnjenja okenskih okvirjev.

Z zamenjavo oken z energetsko učinkovitejšimi pripomoremo k zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje objekta.

Zaradi večje zrakotesnosti stavbnega ovoja na račun zamenjave transparentnih delov objekta, predpostavim v stanovanjskem delu (cona 1) in na podstrešju (cona 4) urno izmenjavo zraka 0,5h⁻¹, na stopnišču (cona 2) ter v kleti (cona 3) pa prezračevanje z urno izmenjavo zraka 0,3h⁻¹.

Pri spremembi transparentnih delov objekta bom upoštevala:

- Primer 1: zamenjava obstoječih oken z okni dvojne zasteklitve
- Primer 2: zamenjava obstoječih oken z okni trojne zasteklitve

Primer 1:

Obstoječa škatlasta okna, katerih toplotna prehodnost zasteklitve znaša $U=2,8W/m^2K$, faktor prepustnosti sončnega sevanja pa $g=0,76$, zamenjamo z lesenimi okni z nizkoemisijemskim premazom ter argonskim polnjenjem v medstekelnem prostoru ($U=1,17W/m^2K$ in $g=0,58$) [12].

Preglednica 26: Rezultati toplotne bilance pri zamenjavi oken - primer 1

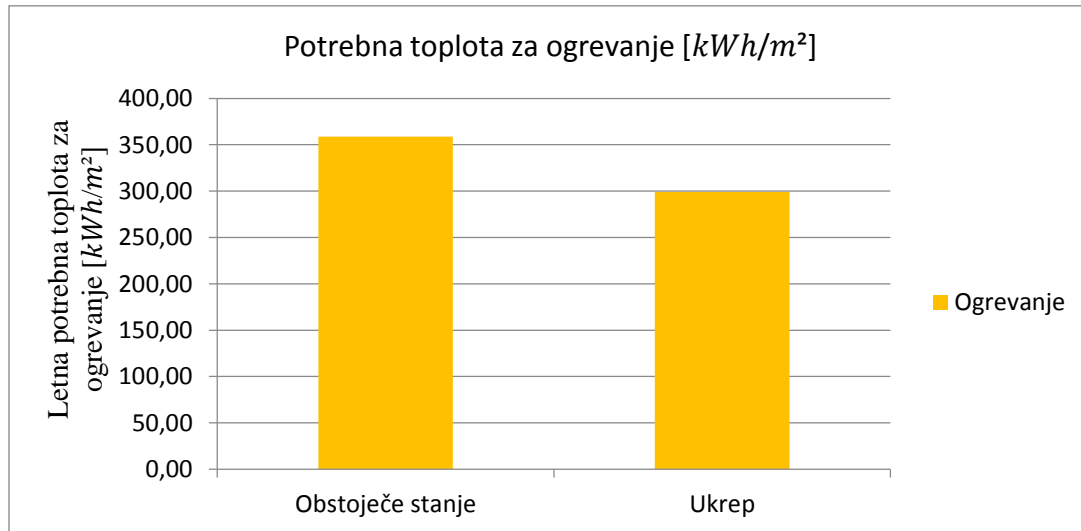
	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m^2K]	0,91	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	62926	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	38618	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	0,00	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	298,90	32,81
	Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]	58,38	-

Preglednica 27: Izgube in dobitki pri zamenjavi oken – primer 1

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	279,56	0,00
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	64,36	0,00
Skupne izgube [kWh/m^2]	343,92	0,00
Notranji dobitki [kWh/m^2]	35,66	0,00
Solarni dobitki [kWh/m^2]	56,09	0,00
Skupni dobitki [kWh/m^2]	91,75	0,00

Preglednica 28: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po zamenjavi oken – primer 1

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	358,90	298,90
Poteben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u [kWh/m^2a]	2,72	0,00



Grafikon 1: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom zamenjave oken - primer 1

Z ukrepom zamenjave oken z nižjo vrednostjo toplotne prehodnosti in g-faktorja vplivamo na zmanjšanje toplotnih in ventilacijskih izgub, kar pripomore k večji energetski učinkovitosti objekta.

Transmisijske izgube se v primerjavi z prvotnim stanjem zmanjšajo za $85,54W/m^2K$ (23%) v ogrevalni sezoni, kar pozitivno vpliva na čas zadrževanja toplote v samem objektu. Daljši čas zadrževanja toplote v sezoni ogrevanja pa posledično pripomore tudi k znižanju letne potrebne toplote za ogrevanje, ta se zmanjša za $60,0kWh/m^2a$ (17%).

Z zmanjšanjem prepustnosti zasteklitve vplivamo na znižanje solarnih dobitkov, kar je zaželeno predvsem v poletnih mesecih, saj je prenos toplote sonca skozi okno manjši. V času ogrevalne sezone je znižanje solarnih dobitkov nezaželeno.

Solarni dobitki so v kombinaciji z nizko vrednostjo toplotne prehodnosti dovolj nizki, da v poletnih mesecih ni potrebe po hlajenju objekta.

Primer 2:

Obstoječa okna zamenjamo z lesenimi okni z nizkoemisijemskim premazom ter trojno zasteklitvijo. Medstekelni prostor je polnjen s kriptonom ($U=0,87W/m^2K$ in $g=0,53$) [12].

Preglednica 29: Rezultati toplotne bilance pri zamenjavi oken - primer 2

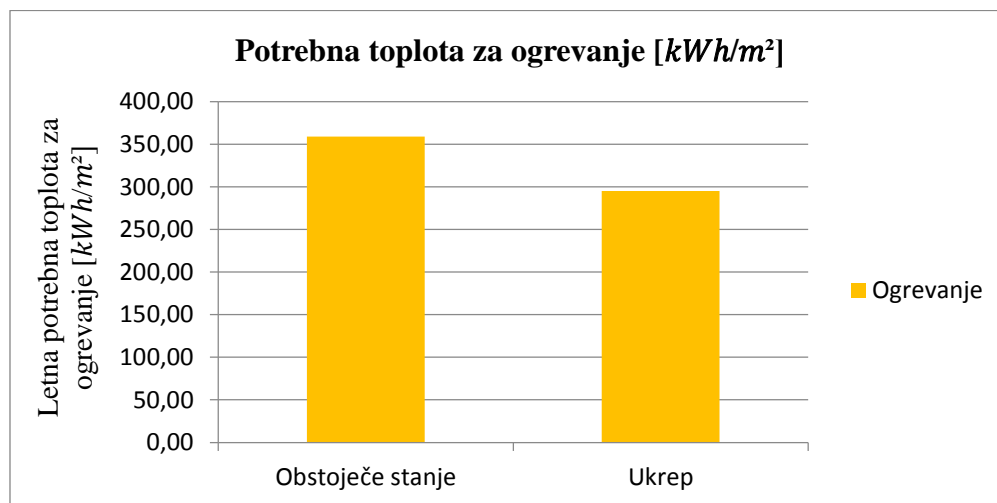
	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m^2K]	0,87	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	62204	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	38117	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	0	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	295,02	32,81
	Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]	57,62	-

Preglednica 30: Izgube in dobitki pri zamenjavi oken – primer 2

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	277,30	0,00
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	63,84	0,00
Skupne izgube [kWh/m^2]	341,14	0,00
Notranji dobitki [kWh/m^2]	35,78	0,00
Solarni dobitki [kWh/m^2]	55,90	0,00
Skupni dobitki [kWh/m^2]	91,68	0,00

Preglednica 31: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po zamenjavi oken – primer 2

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	358,90	295,02
Poteben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u [kWh/m^2a]	2,72	0



Grafikon 2: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom zamenjave oken - primer 2

V primerjavi z okni dvojne zasteklitve se koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe zmanjša za $0,04W/m^2K$ (4%) oz. za $0,24W/m^2K$ (22%) v primerjavi z izhodiščnim stanjem.

Transmisijske toplotne izgube se v primerjavi z okni dvojne zasteklitve zmanjšajo za $2,26W/m^2K$ (0,8%) oz. v primerjavi z prvotnim stanjem za $76,76W/m^2K$ (22%) .

Vpliv trojne zasteklitve napram dvojni pripomore k $3,88kWh/m^2a$ (1,3%) manjši letni potrebni toploti za ogrevanje.

Vpliv oken z trojno zasteklitvijo v primerjavi z okni dvojne zasteklitve pripomore k dodatnim zmanjšanjem toplotnih izgub ter k večjim energijskim prihrankov. Pri odločitvi o smiselnosti investicije v okna s tako nizko toplotno prehodnostjo pa bi bilo smiselno primerjati tudi ceno in samo ekonomičnost.

5.3.2 Sprememba toplotne prehodnosti netransparentnih konstrukcijskih sklopov objekta

Na porabo energije ima velik vpliv toplotna izolacija stavbe. Izgube toplote skozi stavbni ovoj lahko učinkovito zmanjšamo s pomočjo boljše oz. debelejšje plasti toplotne izolacije.

V primeru obravnavanega objekta, kjer so zaradi neuporabe toplotno izolativnih materialov, toplotne prehodnosti v vseh konstrukcijskih sklopih nekajkrat večje od dovoljenih, je zato upravičeno pričakovati bistveno izboljšanje končne energetske učinkovitosti.

Pri prenovi objekta se na račun neogrevane kleti in podstrešja odločim za izvedbo toplotne izolacije najključnejših konstrukcijskih sklopov - zunanje stene nad in pod terenom ter medetažnih konstrukcijskih sklopov, ki objemajo bivalni del objekta.

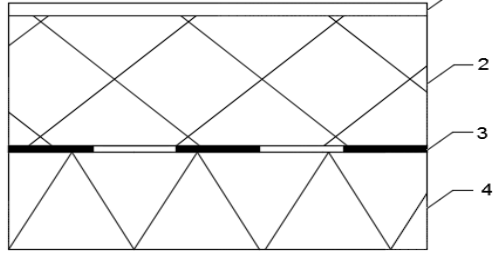
Tla na terenu, kljub visoki vrednosti toplotne prehodnosti, zaradi neogrevane in nebivalne kleti ohranim v prvotni izvedbi, pri čemer je zaradi preprečitve toplotnih mostov nujna izvedba toplotne izolacije stene pod nivojem terena, ki bo izvedena do temeljev objekta.

Predelne stene ostanejo, zaradi svoje lege znotraj ogrevanih con, toplotno neizolirane.

Sestave izbranih konstrukcijskih sklopov so prikazane v preglednicah 30-33.

Primerjava toplotnih prehodnosti pred in po prenovi z mejnimi vrednostmi po TSG pa je prikazana v preglednici 34.

Preglednica 32: Sestava zunanje stene pod terenom (po prenovi)

Zunanja stena pod terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,02
	2	Betoni iz kamnitega materiala	0,2
	3	Bitumen	0,005
	4	Fragmat XPS 30	0,15

Pri izolaciji zunanje stene pod terenom se odločim za izvedbo zunanje izolacije s Fragmat XPS 30. Izolacija bo zaradi preprečitve toplotnih mostov izvedena vse do temeljev. Za ustrezno znižanje toplotne prehodnosti, kot je le-ta prepisana v TSG, bi za primer prvotne zasnove konstrukcijskega sklopa potrebovali najmanj 11cm izolacije. Odločim se za 15cm izolacije, s čimer dosežem vrednost U-faktorja $0,214W/m^2K$.

Preglednica 33: Sestava zunanje stene nad terenom (po prenovi)

Zunanja stena nad terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,02
	2	Mrežasti opečni votlak (gosta opeka z votlinami)	0,15
	3	Podaljšana apnena malta	0,03
	4	FRAGMAT EPS F	0,15
	5	Plemenita fasadna malta	0,02

Izolacijo zunanje stene nad nivojem terena izvedem z uporabo FRAGMAT EPS F, ki jo namestim na zunanjo stran KS. Za doseganje zahtev TSG bi potrebovali najmanj 12cm izolacije. Odločim se za debelino 15cm, s čimer dosežem vrednost U-faktorja $0,230 W/m^2K$.

Preglednica 34: Sestava medetažne konstrukcije klet-pritličje

Medetažna konstrukcija klet-pritličje			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Hrastov parket	0,025
	2	Iverke-trde	0,013
	3	Suh pesek	0,012
	4	Betoni iz kamnitega agregata	0,15
	5	Poliuteranska pena	0,08
	6	Apnena malta	0,02

Pri izvedbi izolacije medetažne konstrukcije, ki je zaradi velike površine in posledično visokih toplotnih izgub nujna, smo zaradi nizke svetle višine-2,3m močno omejeni v debelino izolacije. Zaradi visoke toplotnoizolacijske učinkovitosti ob hkratni relativno nizki debelini se odločim za izolacijo s poliuretansko peno. Z znižanjem svetle višine za 8 cm dosežemo toplotno prehodnost $0,27W/m^2K$, s čimer zadostimo zahtevam TSG.

Preglednica 35: Sestava medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje (po prenovi)

Medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,02
	2	Betoni iz kamnitega materiala	0,15
	3	Lesni beton	0,13
	4	Betoni iz kamnitega materiala	0,02
5	FRAGMAT EPS F-P	0,2	

Izolacijo medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje izvedemo z uporabo FRAGMAT EPS F-P. Zaradi nebivalnega in nepohodnega podstrešja je izvedba izolacije enostavna, hkrati s tem pa tudi nismo omejeni z debelino izolacije, ki bo položena na nosilni del betonske stropne konstrukcije. Za doseganje zahtev TSG, bi potrebovali najmanj 17,5cm TI, odločim se za izolacijo v debelini 20cm s čimer dosežemo toplotno prehodnost $U=0,177W/(m^2 K)$.

Preglednica 36: Primerjava toplotnih prehodnosti pred in po prenovi z mejnimi vrednostmi po TSG

Konstruktivski sklop / Toplotna prehodnost	Prvotna toplotna prehodnost $W/(m^2 K)$	Nova toplotna prehodnost $W/(m^2 K)$	Mejna vrednost po TSG4 $W/(m^2 K)$
Zunanja stena pod terenom	3,705	0,214	0,3
Zunanja stena nad terenom	1,986	0,23	0,28
Medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje	1,932	0,177	0,2
Medetažna konstrukcija klet-pritličje	1,973	0,27	0,28

Z upoštevanjem spremembe U-faktorjev netransparentnih elementov dobimo naslednje rezultate energetske bilance stavbe:

Preglednica 37: Rezultati toplotne bilance pri spremembi U-faktorjev netransparentnih delov

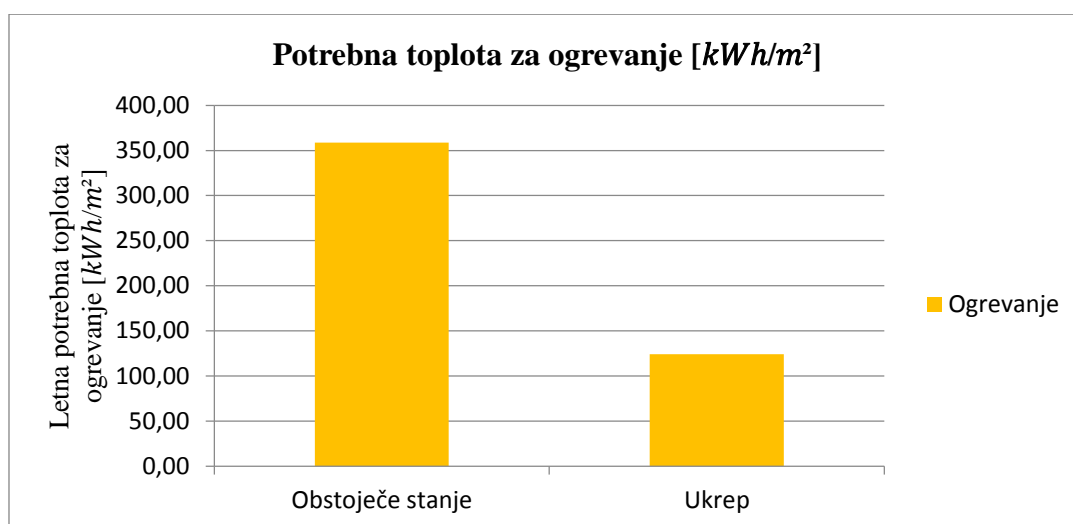
	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T' [W/m^2 K]$	0,45	0,43	
Letna raba primarne energije $Q_P [kWh]$	33142	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH} [kWh]$	16050	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC} [kWh]$	2422	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_u [kWh/m^2 a]$	124,23	32,81
	$Q_{NH}/V_e [kWh/m^3 a]$	24,26	-

Preglednica 38: Izgube in dobitki objekta pri spremembi U-faktorjev netransparentnih delov

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	113,58	33,26
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	85,95	26,3
Skupne izgube [kWh/m^2]	199,53	59,56
Notranji dobitki [kWh/m^2]	29,44	14,94
Solarni dobitki [kWh/m^2]	59,96	44,64
Skupni dobitki [kWh/m^2]	89,4	59,58

Preglednica 39: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po spremembi U-faktorjev netransparentnih delov

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	358,90	124,23
Poteben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u [kWh/m^2a]	2,72	18,75



Grafikon 3: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom spremembe U-faktorjev netransparentnih elementov

Z uporabo toplotnoizolacijskih materialov, s katerimi obdamo obe ogrevani coni, vplivamo na močno zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje ter s tem povezanim povečanjem energetske učinkovitosti.

Letna potrebna toplota za ogrevanje se s predlaganim ukrepom zmanjša za 65%, letni potrebni hlad za hlajenje pa kljub osem-kratnem povečanju v primerjavi s prvotnim stanjem ostaja znotraj dovoljenih vrednosti.

Z izboljšanjem toplotne izolativnosti netransparentnih delov ovoja bivalnega dela pripomoremo k 72% zmanjšanju transmisijskih izgub.

5.3.3 Nočna izolacija

Zaradi relativno dolge ogrevalne sezone – od oktobra do maja – je zaradi velikega uhajanja toplote skozi transparentne površine zunanega ovoja smiselna namestitvev nočne izolacije.

Nočno izolativne rolete predstavljajo aluminijske rolete, ki s svojo sestavo lamel iz poliuretanske pene zagotavljajo nizko toplotno prehodnost. Rolete se uporabljajo v zimskem času ponoči, ko so toplotne izgube največje.

Predpostavimo toplotni upor nočne izolacije v vrednosti $R_{NI} = 1\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ [23].

Izračuni energetske učinkovitosti so prikazani v tabelah 38-40.

Preglednica 40: Rezultati toplotne bilance pri uporabi nočne izolacije

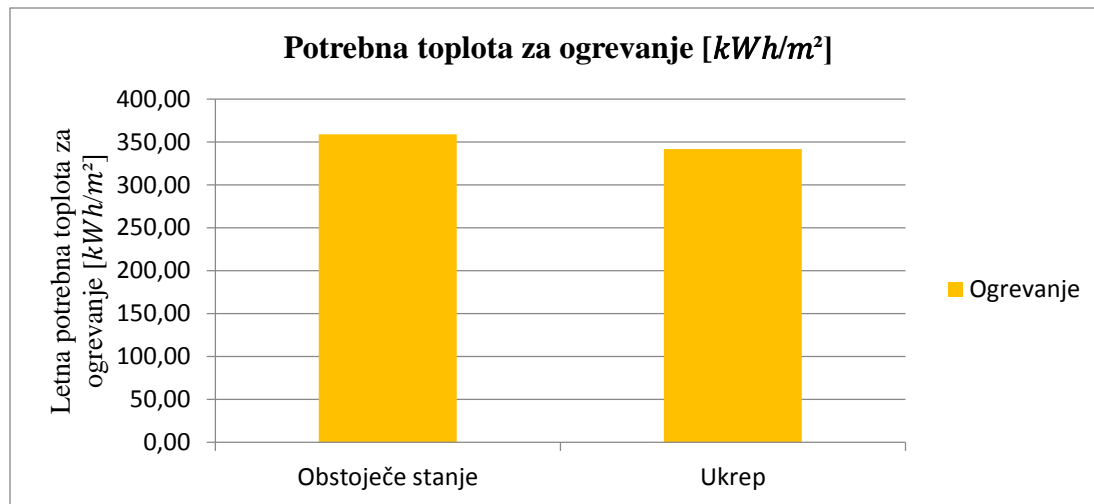
	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	1,05	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	70914	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	44160	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	0	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	341,79	32,81
	Q_{NH}/V_e [$\text{kWh}/\text{m}^3\text{a}$]	66,75	-

Preglednica 41: Izgube in dobitki objekta pri uporabi nočne izolacije

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	345,82	0,00
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	91,70	0,00
Skupne izgube [kWh/m^2]	437,52	0,00
Notranji dobitki [kWh/m^2]	36,58	0,00
Solarni dobitki [kWh/m^2]	77,21	0,00
Skupni dobitki [kWh/m^2]	113,79	0,00

Preglednica 42: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po uporabi nočne izolacije

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	358,90	341,79
Poteben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	2,72	0



Grafikon 4: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom izvedbe nočne izolacije

Transmisijske izgube se z uporabo nočne izolacije zmanjšajo za 5% ($19,28 \text{ kWh/m}^2$), s čimer se za 5% zmanjša potrebna toplota za ogrevanje ($17,11 \text{ kWh/m}^2$).

Uporaba nočne izolacije na hlajenje nima vpliva, saj jo uporabljamo le v ogrevalni sezoni.

5.3.4 Mehansko prezračevanje

Ob pogoju zrakotesnosti stavb se v primeru slabega prezračevanja v objektu pogosto pojavijo poškodbe v obliki različnih vrst plesni. Povzročita jih predvsem povišana relativna vlaga (v zimskem času nad 45%) in povišana vlaga na premalo izoliranih toplotnih mostovih (tudi do 80%). Naravno prezračevanje, ki je iz strani uporabnikov stavb še vedno najbolj zaželeno, je iz vidika rabe energije potratnejše od sistema mehanskega prezračevanja. Na trgu obstaja že veliko visoko učinkovitih prezračevalnih sistemov z rekuperacijsko stopnjo 75-90% [18].

PURES 2010 znotraj **Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb o zahtevah notranjega toplotnega okolja** (8. člen) predpisuje, v prostorih namenjenih za delo in bivanje ljudi, v času njihove prisotnosti minimalno zagotavljanje volumske izmenjave zraka vsaj $n=0,5 \text{ h}^{-1}$. V skladu z pravilnikom privzamem v ogrevani bivalni coni (cona 1) urno izmenjavo zraka $n_{min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Manj ogrevano stopnišče ter neogrevano klet in podstreho prezračujemo z naravnim prezračevanjem z urno izmenjavo zraka $0,3 \text{ h}^{-1}$.

V skladu z 12. členom je v stanovanjskih prostorih priporočena relativna vlažnost pod 60% [7].

Predpostavim uporabo visoko učinkovitega sistema prezračevanja z 90% učinkovitostjo rekuperacijskega sistema.

Vhodni podatki za mehansko prezračevanje so podani v preglednicah 41, s programom TOST dobljeni rezultati pa v preglednicah 42-44.

Preglednica 43: Vhodni podatki mehanskega prezračevanja pri ukrepih prenove

Cona 1		
Del dneva	Dan	Noč
Količina odtoka zraka $V_{ex} (m^3/s)$	0,3	0,3
Količina dotoka zraka $V_{su} (m^3/s)$	0,1	0,1
Količina pretoka zraka pri naravnem prezračevanju $V_o (m^3/s)$	0	0
Projektna vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema $V_{t,d} (m^3/s)$	0,5	0,5
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni $\beta (-)$	0,75	0,75
Učinkovitost rekuperacijskega sistema $\eta_v (-)$	0,9	0,9
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa $n_{50} (h^{-1})$	0,5	0,5
Koeficient zaščite proti vetru $e (-)$	0,04	0,04
koeficient izpostavljenosti vetru $f (-)$	15	15

Preglednica 44: Rezultati toplotne bilance pri mehanskem prezračevanju

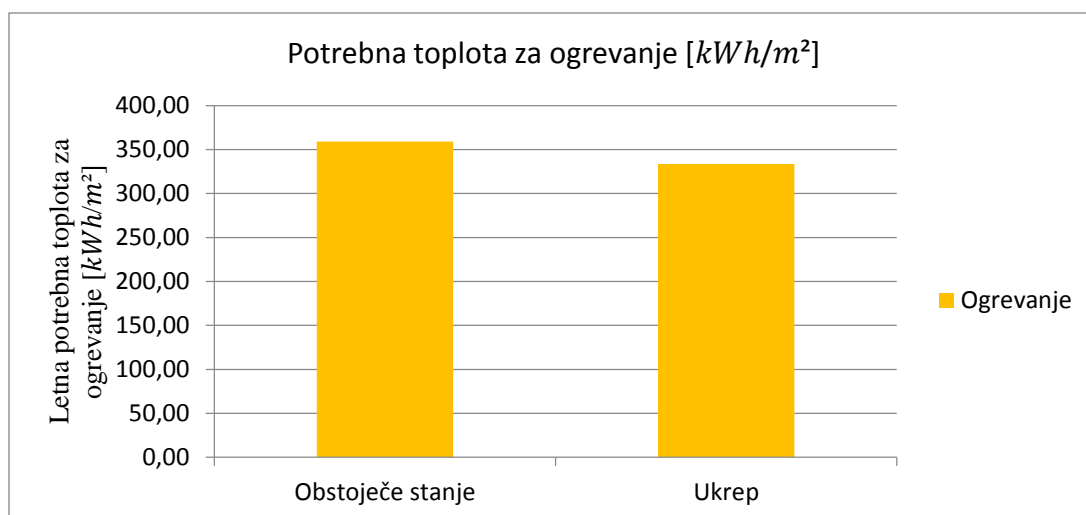
	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T' [W/m^2K]$	1,11	0,43	
Letna raba primarne energije $Q_p [kWh]$	69786	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH} [kWh]$	43103	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC} [kWh]$	0	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]$	333,62	32,81
	$Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]$	65,16	-

Preglednica 45: Izgube in dobitki objekta pri mehanskem prezračevanju

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube $[kWh/m^2]$	362,02	0,00
Ventilacijske izgube $[kWh/m^2]$	66,51	0,00
Skupne izgube $[kWh/m^2]$	428,53	0,00
Notranji dobitki $[kWh/m^2]$	35,17	0,00
Solarni dobitki $[kWh/m^2]$	78,49	0,00
Skupni dobitki $[kWh/m^2]$	113,66	0,00

Preglednica 46: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po ukrepu mehanskega prezračevanja

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]$	358,90	333,62
Poteben hlad za hlajenje $Q_{NC}/A_u [kWh/m^2a]$	2,72	0



Grafikon 5: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje obstoječega stanja z ukrepom mehanskega prezračevanja

Uporaba mehanskega prezračevanja z visoko stopnjo rekuperacijskega sistema doprinese k $25,28kWh/m^2a$ (7%) zmanjšanju letne potrebne toplote za ogrevanje ter $24,81kWh/m^2$ (27%) zmanjšanju ventilacijskih izgub. V primeru popolne zrakotesnosti stavbnega ovoja bi bila ta razlika še večja. Letna raba primarne energije se zmanjša za $4313kWh$ (6%).

Sistem mehanskega prezračevanja torej ugodno vpliva na povečanje energetske učinkovitosti objekta, vendar pa je potrebno poskrbeti tudi za dobro zrakotesnost objekta ter redno in kakovostno vzdrževanje sistema.

5.3.5 Regulacija temperature

V odvisnosti od letnega časa se spreminja tudi temperatura notranjega okolja. V obravnavanem primeru v času ogrevalne sezone vzdržujemo konstanto temperaturo 20°C v bivalnih prostorih (cona 1), na stopnišču (cona 2) pa 18°C. V sezoni hlajenja ne dopustimo temperature višje od 26°C.

Zaradi dolžine ogrevalne sezone (od sredine septembra do maja) se odločim za ukrep regulacije temperature le v tem obdobju.

Regulacija temperature bo potekala glede na dan oz. noč, kot je prikazano v preglednici 44. S programom TOST dobljeni rezultati pa so prikazani v preglednicah 45-47.

Preglednica 47: Ukrep regulacije temperature ogrevanih con v odvisnosti od dela dneva

Regulacija temperature	Cona1	Cona 2
Dan	20°C	18°C
Noč	18°C	16°C

Preglednica 48: Rezultati toplotne bilance pri regulaciji temperature

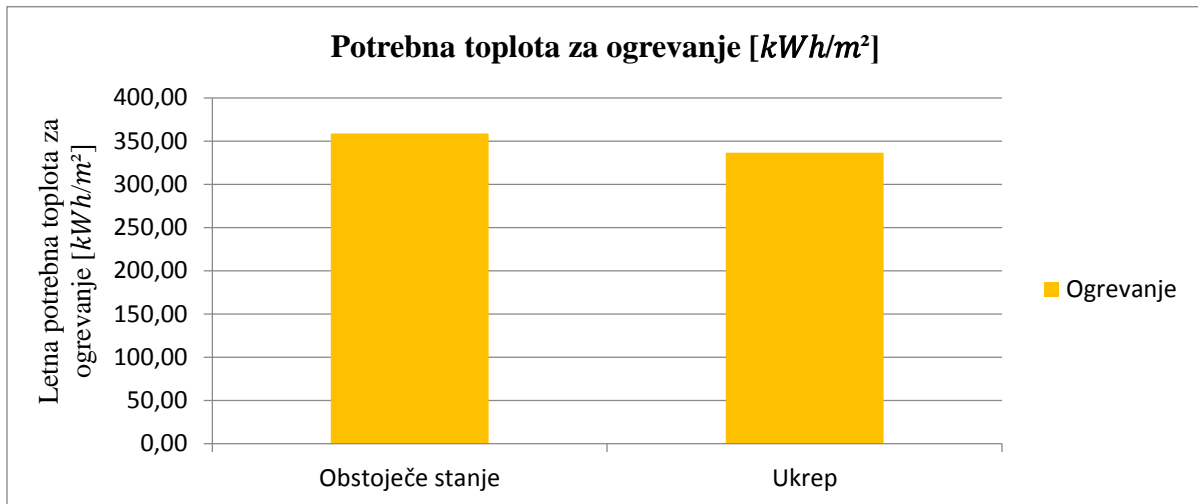
		Izračunan	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m^2K]		1,11	0,43
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]		69962	23764
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]		43499	4132
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]		0,00	6460
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	336,68	32,81
	Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]	65,75	-

Preglednica 49: Izgube in dobitki objekta pri regulaciji temperature

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	341,83	0,00
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	85,91	0,00
Skupne izgube [kWh/m^2]	427,74	0,00
Notranji dobitki [kWh/m^2]	33,82	0,00
Solarni dobitki [kWh/m^2]	74,64	0,00
Skupni dobitki [kWh/m^2]	108,45	0,00

Preglednica 50: Primerjava prvotnega stanja s stanjem po ukrepu regulacije temperature

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	358,90	336,68
Poteben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u [kWh/m^2a]	2,72	0,00



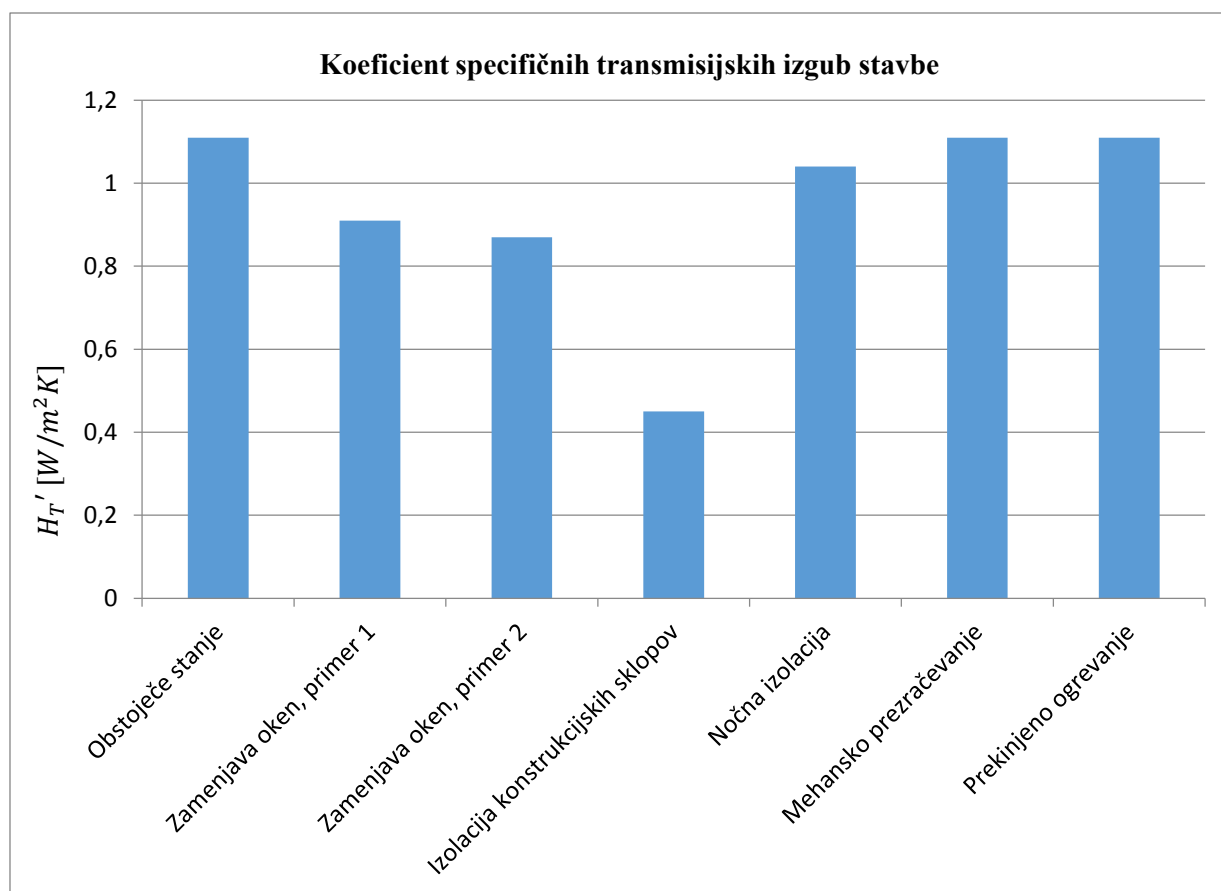
Grafikon 6: Primerjava obstoječe letne potrebne toplote za ogrevanje z ukrepom regulacije temperature

Iz rezultatov je razvidno, da lahko z znižanjem temperature ogrevanih con za 2°C v nočnem času, vplivamo na znižanje letno potrebne toplote za $22,22\text{kWh/m}^2\text{a}$ (6%). Tako transmisijske kot tudi ventilacijske izgube pa se s predlaganim ukrepom v zimskem času zmanjšajo za 6%. Regulacija temperature nima vpliva na hlajenje, saj jo uporabljamo le v ogrevalni sezoni.

5.4 Primerjava vseh ukrepov

Pomanjkanje uporabe toplotno izolacijskih materialov v obdobju gradnje obravnavanega objekta-pred energetske krize, se odraža v visokih vrednostih koeficienta specifičnih transmisijskih izgub H'_T posledično pa tudi na visoki ravni letno potrebne toplote za ogrevanje.

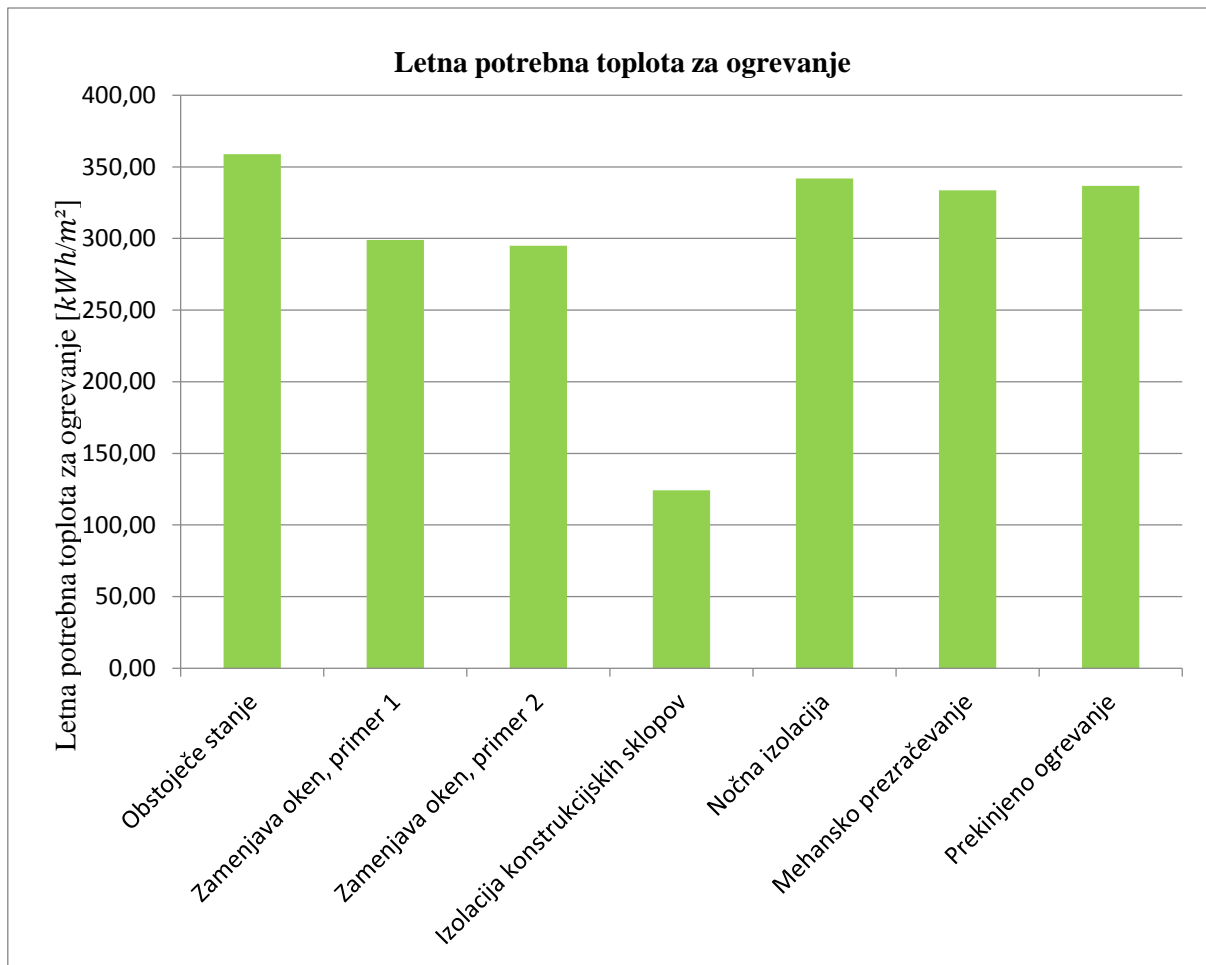
Letni potrebni hlad za hlajenje predstavlja edino količino, ki se nahaja znotraj po PURES 2010 predpisanih zahtev, zato pri nadaljnji primerjavi ukrepov ne predstavlja ključnejšega elementa.



Grafikon 7: Primerjava koeficientov specifičnih transmissijskih izgub med obstoječim stanjem in predlaganimi ukrepi

Iz grafikona 6 je razvidno, da na zmanjšanje specifičnih transmissijskih izgub stavbe najbolj vpliva izboljšanje stavbnega ovoja. Z zmanjšanjem U-faktorja netransparentnih konstrukcijskih sklopov (stena nad in pod terenom, medetažna konstrukcija klet-pritličje ter medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje) pripomoremo k 60% zmanjšanju koeficienta toplotnih izgub. Zamenjava oken z okni trojne zasteklitve vpliva na 22%, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo 18%, nočna izolacija pa na 6% zmanjšanje koeficienta specifičnih transmissijskih izgub.

Ukrepa mehanskega prezračevanja in prekinjenega ogrevanja nimata vpliva na vrednost koeficienta specifičnih transmissijskih izgub, saj ne posegata v toplotno prehodnost ovoja stavbe.



Grafikon 8: Primerjava letne potrebne toplote za ogrevanje

Najučinkovitejši ukrep pri zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje predstavlja zmanjšanje toplotne prehodnosti netransparentnih konstrukcijskih sklopov.

Z ukrepom, kot je prikazan v poglavju 5.3.2 dosežemo 65% (234,67kWh/m²) zmanjšanje potrebne toplote ter 60% (218,26kWh/m²) zmanjšanje transmisijskih izgub. Velike razlike v rezultatih so posledica slabe toplotno izolativne zasnove objekta pred prenovo ter nakazujejo na velik napredek na področju rabe materialov.

Velik vpliv na zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje ima tudi zamenjava oken. V primeru zamenjave oken z dvojno zasteklitvijo se potrebna toplota za ogrevanje zmanjša za 60kWh/m²a (17%), v primeru zamenjave z okni trojne zasteklitve pa za 63,88kWh/m² (18%).

Mehansko prezračevanje pripomore k 25,28kWh/m² (7%), prekinjeno ogrevanje k 22,22kWh/m² (6%), uporaba nočne izolacije pa k 17,11kWh/m² (5%) zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje.

5.5 Kombinacija ukrepov izboljšanja energetske učinkovitosti

Največjo učinkovitost objekta dosežemo z združitvijo ukrepov, ki imajo pozitiven vpliv na zmanjšanje porabe energije.

Pri združevanju ukrepov za izboljšanje toplotnega odziva je potrebno, poleg nižje porabe energije za ogrevanje, pozornost nameniti tudi porabi energije za hlajenje, saj se le-ta z določenimi ukrepi poveča, kar vpliva na kvaliteto bivalnih razmer.

Za najbolj optimalen rezultat, se zaradi izredno nizkih razlik pri povečanju energije za hlajenje in hkratnem izrazitem zmanjšanju potrebne letne toplote za ogrevanje, odločim za izvedbo vseh pet predlaganih ukrepov:

- sprememba toplotne prehodnosti ter prepustnosti sončnega sevanja transparentnih elementov,
- sprememba toplotne prehodnosti netransparentnih konstrukcijskih sklopov,
- uporaba nočne izolacije,
- uvedba mehanskega prezračevanja,
- regulacijo temperature (prekinjeno ogrevanje).

Pri združevanju kombinacije ukrepov bom preverila tudi vpliv dvojne in trojne zasteklitve transparentnih elementov na končno energetska bilanco objekta.

S programom TOST dobljeni rezultati prenove z uporabo oken z dvojno zasteklitvijo so prikazani v preglednicah 49-51, rezultati dobljeni z uporabo oken s trojno zasteklitvijo pa v preglednicah 52-54.

Preglednica 51: Rezultati toplotne bilance stavbe po prenovi, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo

	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m^2K]	0,24	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	16627	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	2792	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	4711	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	21,61	32,81
	Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]	4,22	-

Preglednica 52: Izgube in dobitki stavbe po prenovi, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	50,33	49,7
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	6,51	6,69
Skupne izgube [kWh/m^2]	56,84	56,39
Notranji dobitki [kWh/m^2]	16,72	28,11
Solarni dobitki [kWh/m^2]	14,29	58,11
Skupni dobitki [kWh/m^2]	41,01	86,21

Preglednica 53: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po prenovi, uporaba oken z dvojno zasteklitvijo

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]	358,90	21,61
Poteben hlad za hlajenje Q_{NC}/A_u [kWh/m ² a]	2,72	36,46

Potrebna toplota za ogrevanje se z uporabo predlaganih ukrepov zniža na 21,61kWh/m²a, ki v primerjavi z prvotno toplotno neizolirano zasnovo predstavlja kar 94% (337,29kWh/m²a) izboljšavo (grafikon 9). Na tako izrazito zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje ima največji vpliv izboljšana toplotna izolativnosti stavbnega ovoja, ki skupaj z ostalimi ukrepi pripomore k 73% zmanjšanju transmisijskih ter 86% zmanjšanju ventilacijskih izgub (grafikon 10). Nižji koeficient specifičnih transmisijskih izgub, ki v času ogrevalne sezone pozitivno pripomore k učinkovitejšemu ohranjanju toplote znotraj objekta pa v poletnih mesecih deluje neugodno, kar se odraža na 4711kWh/m²a večji potrebi po hladu za hlajenje. Kljub povečanju potrebe za hlajenje se letna raba primarne energije zmanjša za 57472kWh (78%).

Objekt, ki se je po merilih računske energetske izkaznice glede na porabo energije za ogrevanje pred prenovu uvrščal v razred G (energetsko neučinkovit objekt), se po izvedbi predlaganih ukrepov s 21,61kWh/m² uvršča v razred B1 (nizko-energijska hiša).

V skladu z zahtevami 7. člena PURES 2010 [6] dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine stavbe za obravnavani primer znaša 32,81kWh/m².

Z upoštevanjem predlaganih ukrepov za naš objekt potrebujemo 21,61kWh/m² (66% dovoljene vrednosti) letno potrebne toplote na enoto kondicionirane površine s čimer izpolnimo zahtevo energijske učinkovitosti v skladu z 16. členom PURES 2010. [6, 12]

Preglednica 54: Rezultati toplotne bilance stavbe po prenovi, uporaba oken s trojno zasteklitvijo

	Izračunan	Dovoljen	
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m ² K]	0,20	0,43	
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	15215	23764	
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	1748	4132	
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	4792	6460	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]	13,53	32,81
	Q_{NH}/V_e [kWh/m ³ a]	2,64	-

Preglednica 55: Izgube in dobitki stavbe po prenovi, uporaba oken s trojno zasteklitvijo

	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube $[kWh/m^2]$	34,65	45,34
Ventilacijske izgube $[kWh/m^2]$	5,77	7,30
Skupne izgube $[kWh/m^2]$	40,42	52,64
Notranji dobitki $[kWh/m^2]$	13,76	29,62
Solarni dobitki $[kWh/m^2]$	17,58	55,14
Skupni dobitki $[kWh/m^2]$	31,34	84,77

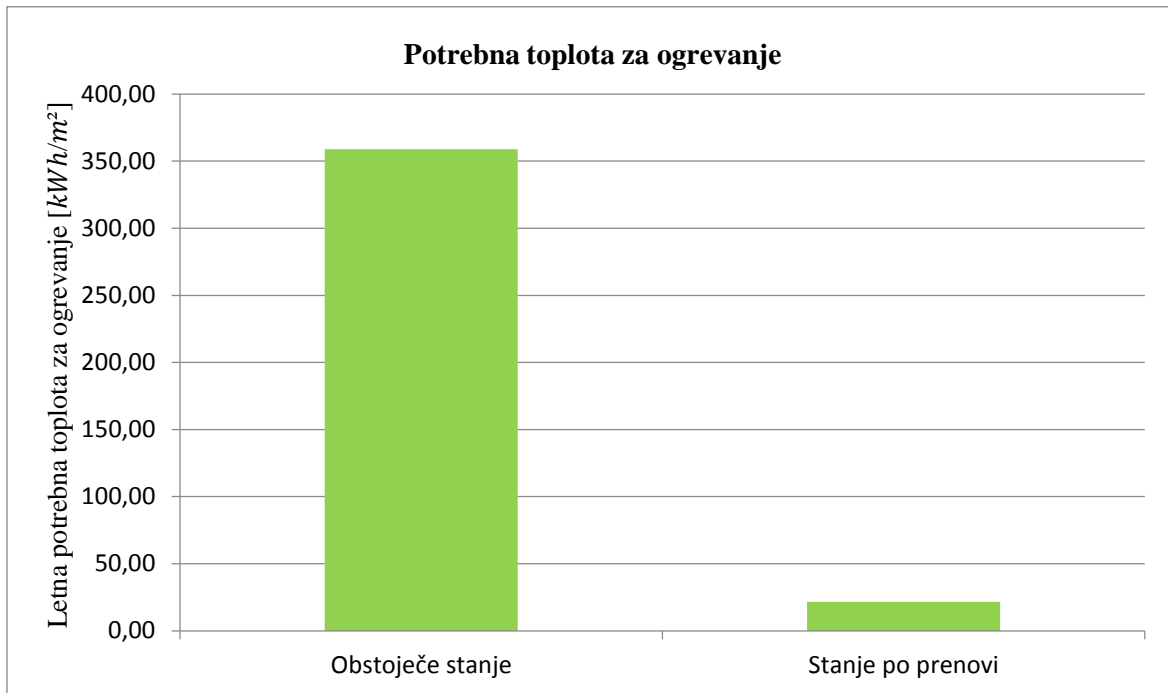
Preglednica 56: Primerjava prvotnega stanja z stanjem po prenovi, uporaba oken s trojno zasteklitvijo

	Obstoječe stanje	Ukrep
Potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]$	358,90	13,53
Poteben hlad za hlajenje $Q_{NC}/A_u [kWh/m^2a]$	2,72	37,09

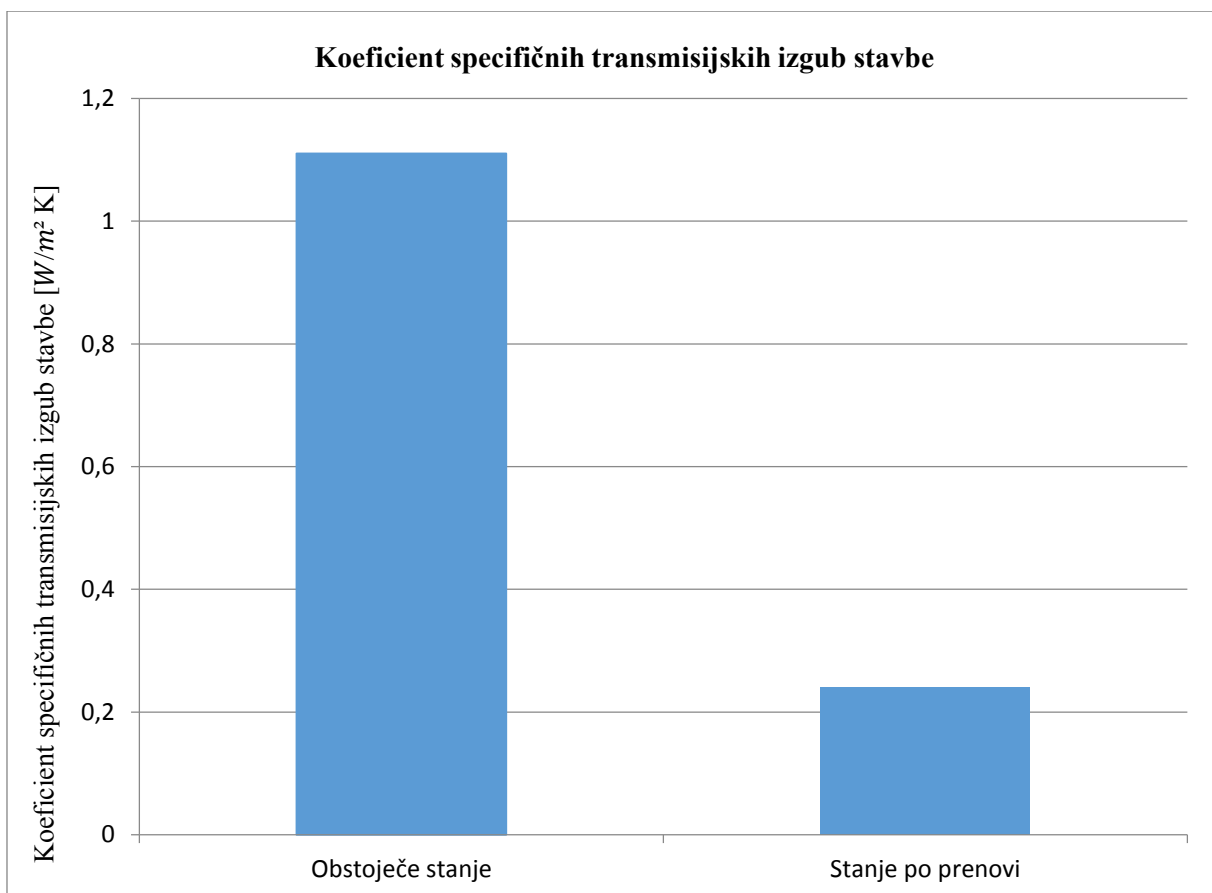
Iz zgornjih rezultatov je razvidno, da se z uporabo trojno zastekljenih oken v primerjavi z dvojno zastekljenim, koeficient H_T' zmanjša za $0,04 W/m^2K$ (17%), letna raba primarne energije se zmanjša za 1412kWh (8,5%), letna potrebna toplota za ogrevanje pa je manjša za 1044kWh (37%). Letni potrebni hlad za hlajenje je večji za 81kWh (2%). Z zamenjavo oken s trojno zasteklitvijo prav tako pripomoremo k zmanjšanju transmisijskih izgub, te so v primerjavo z dvojno zastekljenimi okni manjše za $20,04kWh/m^2$ (20%). Tudi v tem primeru so zahteve za sNES po PURES 2010 izpolnjene, saj dosežemo $13,53kWh/m^2$ (41% dovoljene vrednosti) letno potrebne toplote na enoto kondicionirane površine.

Ugotovimo, da se rezultati z uporabo oken s trojno zasteklitvijo v primerjavi z dvojno zastekljenimi okni izboljšajo. Pri odločitvi o smiselnosti finančnega vložka v okna s tako nizko toplotno prehodnostjo bi bilo, poleg rezultatov energetske bilance, smiselno upoštevati tudi investicijsko ceno in posledično oceniti ekonomičnost takšnega posega.

Ker so zahteve, ki po PURES 2010 veljajo za sNES, s kombinacijo ukrepov upoštevajoč dvojno zastekljena okna izpolnjene, bodo vse nadaljnje primerjave temeljile na tem primeru preнове.



Grafikon 9: Primerjava potrebne toplote za ogrevanje pred in po prenovi



Grafikon 10: Primerjava koefficienta specifičnih transmissijskih izgub stavbe pred in po prenovi

6 Primer novogradnje

Poleg prenov obstoječih objektov se direktiva EPBD-r nanaša tudi na gradnjo novih. Razvoj materialov in tehnologij gradnje v obdobju zadnjih petdesetih let, skupaj z večjo okoljsko ozaveščenostjo, pripomore k gradnji energetsko vse učinkovitejših objektov.

Razlike energetske učinkovitosti objekta zgrajenega pred prvo energetsko krizo v primerjavi z objekti, ki se gradijo danes, bom prikazala na primeru analize energetskega potenciala objekta z enakimi izhodišči. Nespremenjeni bodo ostali vsi vhodni podatki - lokacija, orientacija ter dimenzije objekta, spremembe, ki se bodo v končni energetske učinkovitosti pojavile pa bodo posledica rabe različnih materialov ter energentov.

Preglednica 57: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in pripravi tople vode za primer novogradnje

Energent in učinkovitost sistema	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka
Generacija	2	3	2
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,78	0,96	1

6.1.1 Sestave konstrukcijskih sklopov

S posegom v gradbeno zasnovo objekta z zmanjšanimi toplotnimi izgubami skozi stavbni ovoj pripomoremo k manjši porabi končne energije.

Konstrukcijski sklopi uporabljeni pri analizi energetske učinkovitosti za primer novogradnje so prikazani v preglednicah 56-61, pripadajoče toplotne prihodnosti ter primerjava z prvotnim stanjem pa v preglednici 62. Številčenje plasti KS poteka od znotraj navzven.

Preglednica 58: Sestava tal na terenu za primer novogradnje [24]

Tla pod terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Keramične ploščice-talne, neglazirane	0,01
	2	Cementni estrih	0,04
	3	Polietilenska folija	0,001
	4	Mineralna in steklena volna	0,08
	5	FRAGMAT IZOTEKT	0,001
	6	Betoni iz kamnitega agregata	0,2
	7	FRAGMAT XPS 30	0,16
	8	Pesek in droban prodec	0,2

Preglednica 59: Sestava medetažne konstrukcije klet-pritličje za primer novogradnje [25]

Medetažna konstrukcija klet-pritličje			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Hrastov parket	0,025
	2	2x Iverke-trde	0,03
	3	Fragmat STIROESTRIH	0,04
	4	2x Iverke-trde	0,03
	5	Mineralna in steklena volna	0,14
	6	Klešče-lesena nosilna konstrukcija	0,14
	7	Zračna plast	0,04
	8	Mavčno kartonaste plošče	0,015

Nosilni element medetažne konstrukcije klet-pritličje predstavljajo klešče, ki so razporejena v medsebojnem razmiku 0,8m.

Preglednica 60: Sestava medetažne konstrukcije nadstropje-podstrešje za primer novogradnje [26]

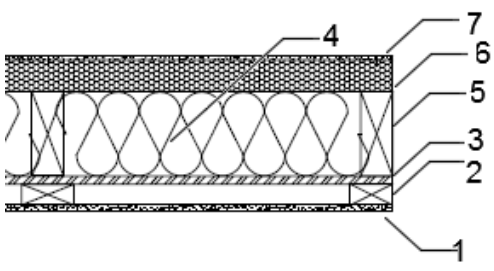
Medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Mavčno kartonaste plošče	0,002
	2	Kamena volna	0,1
	3	Lesena nosilna konstrukcija 0,1m x 0,08m	0,1
	4	Kamena volna	0,15

Lesena nosilna konstrukcija medetažnega KS predstavljajo nosilci debeline 0,08m in višine 0,1m, položeni v razmiku 0,8m.

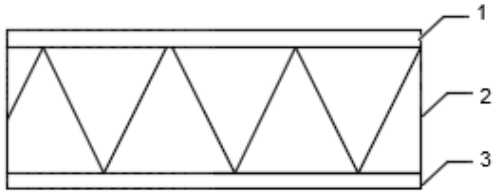
Preglednica 61: Sestava zunanje stene pod terenom za primer novogradnje

Zunanja stena pod terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Apnena malta	0,02
	2	Penobeton	0,10
	3	Armirani beton	0,20
	4	PVC folija	0,01
	5	Mineralna in steklena volna	0,10
	6	2 x bitimenski trak	0,05
	7	FRAGMAT XPS 30	0,10

Preglednica 62: Sestava zunanje stene nad terenom za primer novogradnje [27]

Zunanja stena nad terenom			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Mavčno kartonasta plošča	0,03
	2	Lesena podkonstrukcija	0,04
	3	OSB plošča	0,015
	4	Mineralna in steklena	0,24
	5	Lesena okvirna konstrukcija	0,24
	6	FRAGMAT EPS super F	0,05
	7	Fasadni omet	0,02

Preglednica 63: Sestava predelne stene za primer novogradnje

Predelne stene			
	Št. plasti	Material	Debelina [m]
	1	Mavčno kartonaste plošče	0,03
	2	Mineralna in steklena volna	0,1
	3	Mavčno kartonaste plošče	0,03

Preglednica 64: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov v primeru novogradnje in primerjava z stanjem zasnovanim leta 1967

Konstrukcijski sklop in pripadajoče toplotne prehodnosti $U \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$	Zgrajeno l. 1967	Zgrajeno danes	Največje dovoljene vrednosti
Tla pod terenom	2,387	0,143	0,30
Zunanja stena pod terenom	3,705	0,159	0,35
Zunanja stena nad terenom	1,986	0,154	0,28
Medetažna konstrukcija klet-pritličje	1,972	0,161	0,28
Medetažna konstrukcija nadstropje-podstrešje	1,932	0,1455	0,20
Predelne stene	1,973	0,335	0,70

Osnovno izhodišče primerjave energetske učinkovitosti za primere novogradnje bodo zajemale naslednje predpostavke:

- uporaba konstrukcijskih sklopov, predstavljenih v preglednic 58,
- uporaba energentov, predstavljenih v preglednici 51,
- uporaba mehanskega prezračevanja na način uporabljen v poglavju 5.3.4.

Z namenom lažje primerjave posameznih ukrepov novogradnje in pripadajoče energetske učinkovitosti bom posamezne faze razdelila na 4 ločene primere:

Primer N1:

Poleg osnovnih predpostavk bom upoštevala uporabo oken z dvojno zasteklitvijo, z pripadajočima vrednostnima $U=1,17$ ter $g=0,58$

Primer N2:

Zaradi zasnove netransparentnih konstrukcijskih sklopov z nizkimi vrednostmi U-faktorja je smiselna analiza uporaba oken z trojno zasteklitvijo (Kr) z vrednostnima $U=0,87$ in $g=0,53$.

Primer N3:

Izhajajoč iz primera N2, z namenom doseganja čim večjega energetskega potenciala, preverim še vpliv zmanjšanja moči svetilk PN (W/m^2) iz vrednosti $8 W/m^2$ na $5 W/m^2$.

Primer N4:

Primer novogradnje predstavlja tudi možnost manjše manipulacije z zasnovo objekta.

Ker preverjanje spremembe orientacije objekta, zaradi skoraj kvadratne tlorisne oblike ni smiselna, se z namenom doseganja večje izkoriščenosti solarnih dobitkov odločim za 10% povečanje transparentnih površin na južni fasadi objekta.

7 Primerjava rezultatov

Rezultati izgub in dobitkov posameznih ukrepov so prikazani v preglednicah 59-62, njihova medsebojna primerjava pa v grafikonih 10 in 11.

Preglednica 65: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N1

N1	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	32,6	48,4
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	5,4	7,71
Skupne izgube [kWh/m^2]	38	56,11
Notranji dobitki [kWh/m^2]	12,47	30,58
Solarni dobitki [kWh/m^2]	16,82	61,17
Skupni dobitki [kWh/m^2]	29,3	91,75

Preglednica 66: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N2

N2	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m^2]	27,92	44,87
Ventilacijske izgube [kWh/m^2]	5,19	792
Skupne izgube [kWh/m^2]	33,11	52,79
Notranji dobitki [kWh/m^2]	11,74	31,09
Solarni dobitki [kWh/m^2]	14,34	56,57
Skupni dobitki [kWh/m^2]	26,08	87,67

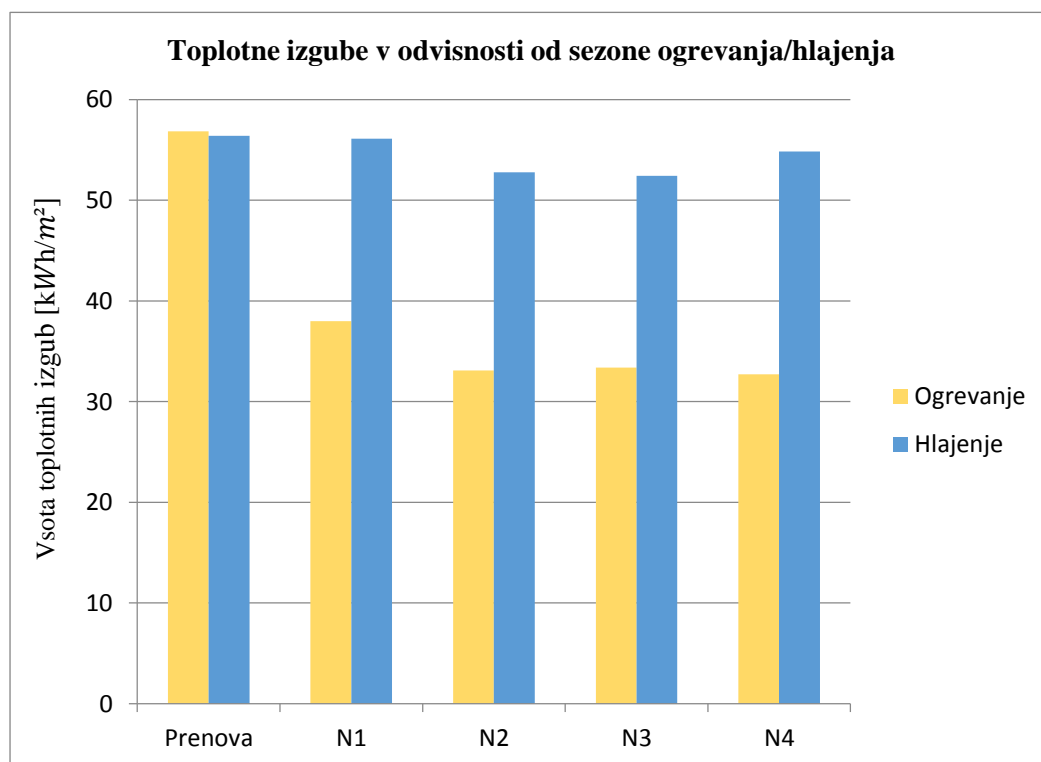
Preglednica 67: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N3

N3	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m ²]	28,14	44,56
Ventilacijske izgube [kWh/m ²]	5,23	7,87
Skupne izgube [kWh/m ²]	33,37	52,42
Notranji dobitki [kWh/m ²]	11,87	30,96
Solarni dobitki [kWh/m ²]	14,48	56,41
Skupni dobitki [kWh/m ²]	26,36	87,36

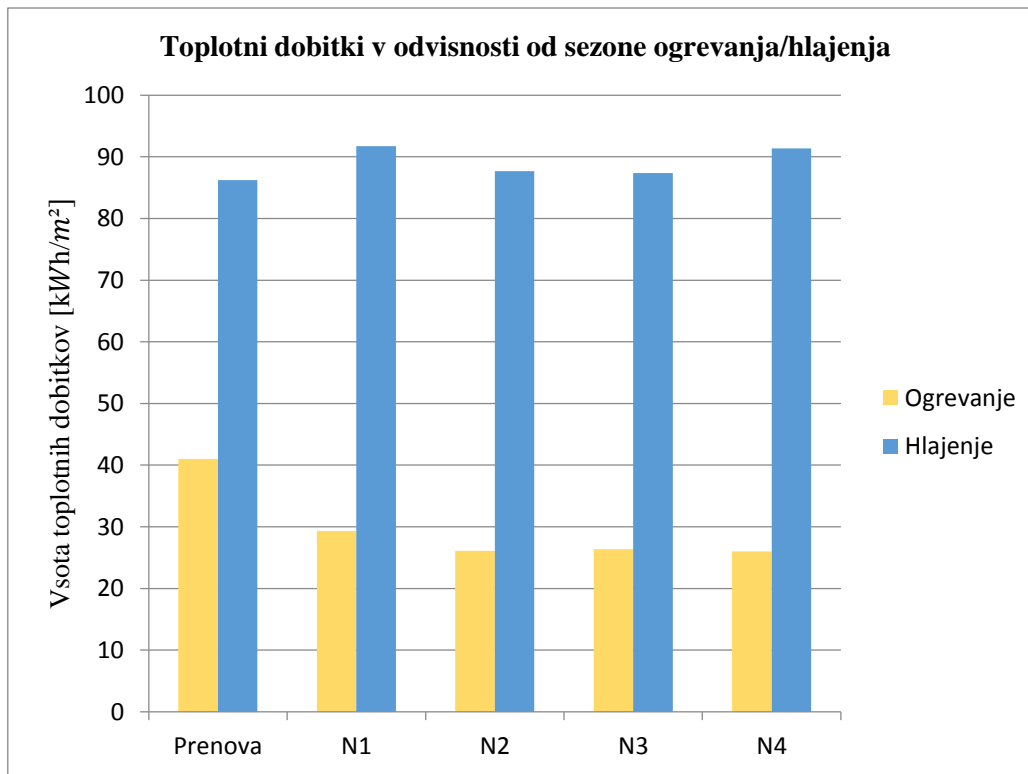
Preglednica 68: Izgube in dobitki v primeru novogradnje N4

N4	Ogrevanje	Hlajenje
Transmisijske izgube [kWh/m ²]	27,63	46,73
Ventilacijske izgube [kWh/m ²]	5,09	8,12
Skupne izgube [kWh/m ²]	32,71	54,84
Notranji dobitki [kWh/m ²]	11,39	31,60
Solarni dobitki [kWh/m ²]	14,63	59,77
Skupni dobitki [kWh/m ²]	26,02	91,37

Zaradi velikega izstopanja rezultatov stanja pred prenovo, bom rezultate predlaganih primerov novogradnje primerjala izključno z že prenovljenim objektom, kot je predstavljen v poglavju 5.5.



Grafikon 11: Primerjava ventilacijskih in transmisijskih izgub v sezoni ogrevanja in hlajenja



Grafikon 12: Primerjava notranjih in solarnih dobitkov v sezoni ogrevanja in hlajenja

Zaradi izboljšane stavbnega ovoja objekta, ki ga lahko dosežemo v primeru novogradnje, se v primerjavi z ukrepom prenove zmanjšajo toplotne izgube. Izgube se v sezoni hlajenja v povprečju zmanjšajo za 4%, v sezoni ogrevanja pa za 40%.

Notranji in solarni dobitki se v primeru novogradnje v času ogrevalne sezone zmanjšajo za 34%, pri čemer so največji dobitki prisotni v primeru novogradnje N4.

Izboljšanje toplotne prehodnosti transparentnih in netransparentnih elementov objekta pa poleg velikih dobitkov, ki so prisotni v času ogrevalne sezone, v sezoni hlajenja prinaša izgube. V primerjavi s stanjem, ki ga dosežemo s prenovo obstoječega objekta se solarni dobitki v primeru novogradnje v povprečju zmanjšajo za slabe 4%, kar v primerjavi z dobitki tekom celotnega leta predstavlja zanemarljivo vrednost.

Kljub 10% povečanju površine transparentnih elementov na južni fasadi v primeru N4 pa so največje vrednosti solarnih dobitkov prisotne v primeru N1, ki se od prvega razlikuje po načinu zasteklitve. Za optimalnejšo vrednost, bi bilo zato smiselno v primeru povečanja transparentnih površin južne fasade uporabiti okna z dvojno zasteklitvijo.

Preglednica 69: Primerjava toplotne bilance posameznih ukrepov s prvotnim stanjem

	l. 1976	Prenova	N1	N2	N3	N4	Dovoljen
Koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub stavbe H_T' [W/m^2K]	1,11	0,24	0,21	0,18	0,18	0,18	0,43
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	74099	16627	8892	8640	7188	7255	23764
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	46369	2792	1648	1359	1363	1332	4132
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	0	4711	5267	5092	5089	5328	6460
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	358,90	21,61	12,76	10,52	10,55	10,3	32,81
uporabne površine in kondicionirane prostorine Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]	70,09	4,22	2,49	2,05	2,06	2,01	-

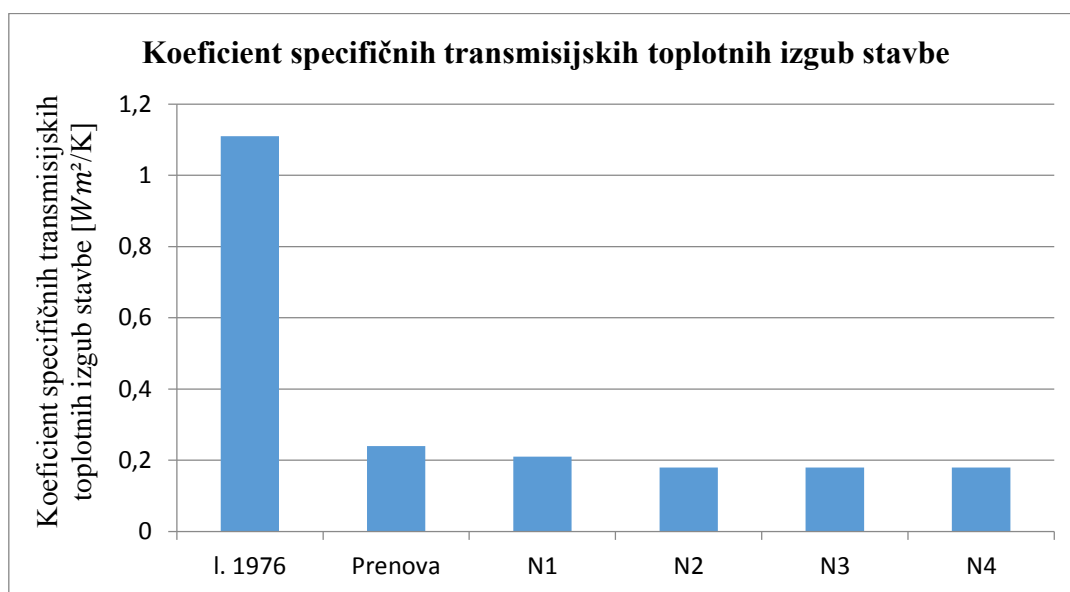
Iz dobljenih rezultatov ugotovimo, da lahko s predpostavljenimi ukrepi prenove, specifične transmisijske izgube objekta zmanjšamo za 78%, s posegom v nosilno konstrukcijo objekta v primeru novogradnje pa se le-te znižajo od 81% vse do 84%.

Dodatno zmanjšanje koeficienta izgub bi bilo mogoče z dodatnimi ukrepi še znižati, vendar pa je zaradi povečevanja letnega hlada za hlajenje njihova smiselnost vprašljiva.

Ugotovimo, da se vzporedno z zmanjševanjem toplotne prehodnosti elementov na račun manjših toplotnih izgub zmanjša tudi letna potrebna toplota za ogrevanje. Ta se od prvotne enajstkrat presežene dovoljene vrednosti z ukrepom prenove zmanjša za 94%. S posegom v zasnovo KS v primerjavi s prvotno zasnovo dosežemo 97% izboljšanje.

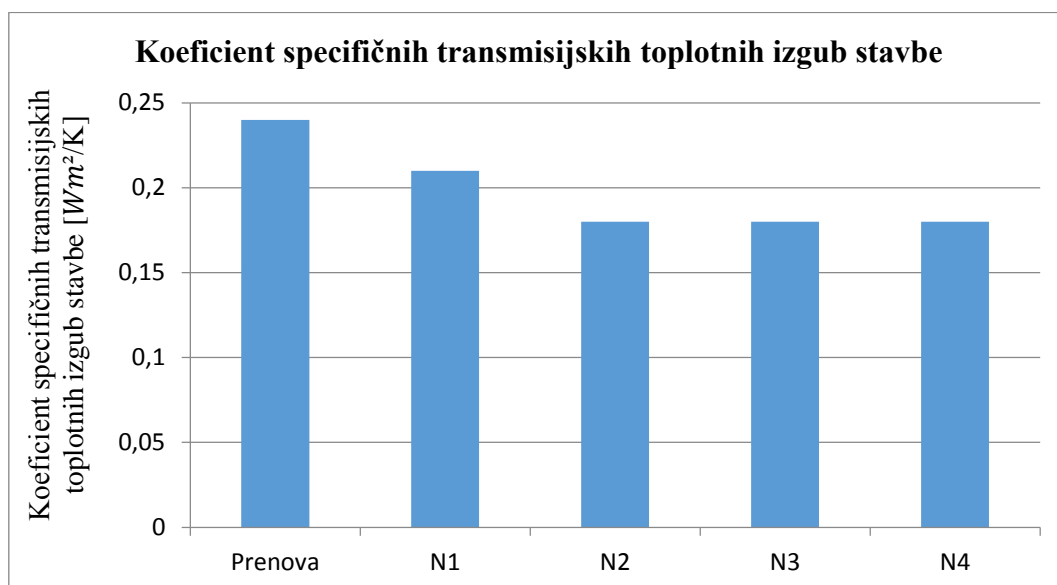
Letno potrebni hlad za hlajenje se z večanjem toplotne izolativnosti povečuje, vendar pa v nobenem izmed obravnavanih primerov ne preseže dovoljene vrednosti.

Koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub predstavlja nazoren primer napredka materialov in strmenja k večji energetski učinkovitosti v obdobju krajšem od pol stoletja (grafikon 13).



Grafikon 13: Grafični prikaz razlike koeficienta specifičnih transmisij toplinskih izgub z upoštevanjem aktualnih pravilnikov v časovnem obdobju krajšem od 50 let

Primerjava koeficientov, ki jih lahko dosežemo v primeru prenove obstoječega objekta in v primeru gradnje novega z upoštevanjem geometrijskih in lokacijskih predpostavk je prikazana v grafikonu 14.



Grafikon 14: Primerjava koefficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub pri prenovi in novogradnji objekta

Energijska učinkovitost stavbe je dosežena, če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine za najmanj 30 odstotkov nižja od mejne vrednosti iz 7. člena PURES 2010 [6].

Primerjava energetske učinkovitosti posameznih primerov je prikazana v preglednici 68.

Preglednica 70: Primerjava energetske učinkovitosti prvotno zasnovanega objekta, objekta po prenovi in objekta v primeru novogradnje

Dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine stavbe za najmanj 30% nižja od mejne vrednosti						
Varianta	I. 1967	Prenova	N1	N2	N3	N4
Mejna [kWh/m ²]	32,81					
Doseženo [kWh/m ²]	358,90	21,61	12,76	10,52	10,31	9,59
Doseženo (%)	1096,13	66	39	32	31	29

Po 16. členu PURES 2010 se stavba smatra kot sNES, če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine oz. površino stavbe, za najmanj 30 % manjša od mejne vrednosti. Iz rezultatov ugotovimo, da s predlaganimi ukrepi prenove dosežemo kar 34% manjšo vrednost, kot je le-ta določena v skladu z 7. členom pravilnika. Prenovljen objekt se torej smatra kot sNES.

S predlaganimi primeri novogradnje dosežemo od 61% do 71% manjše vrednosti, kot jih dovoljuje PURES 2010, kar objekt uvršča v energijski razred A1 oz. A2.

AN sNES v svoji definiciji o sNES predpisuje še dodatne zahteve, kjer predvideva: [22]:

- Dodatno znižanje največje dovoljene toplote za ogrevanje na $25kWh/m^2a$ (energijski razredi A1, A2 in B1). Q_{NH}/A_u je v predpostavljenih primerih prenove in novogradnje pod največjo dovoljeno vrednostjo.
- Letna količina primarne energije za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine, ki je določena glede na vrsto stavbe, za enostanovanjske stavbe v primeru novogradnje znaša $75kWh/m^2a$, v primeru prenove pa le-ta ne sme preseči $95kWh/m^2a$. Iz rezultatov potrebne energije na enoto kondicionirane površine, kot so prikazani v preglednici 71, ugotovimo da zahteve AN sNES v primeru prenovljenega objekta, ostanejo neizpolnjene, potencialni primeri novogradnje pa te zahteve izpolnjujejo.
- Obvezni minimalni 50% delež OVE, določen glede na skupno dovedeno energijo. Za izpolnjevanje te zahteve, bi bilo v vseh primerih potrebno del energije pridobiti iz obnovljivih virov. To bi lahko storili npr. s sprejemniki sončne energije in/ali toplotno črpalko.

Preglednica 71: Letna raba primarne energije za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine

Letna raba primarne energije za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine [kWh/m^2a]	
Prenova	128,69
N1	68,82
N2	66,87
N3	55,63
N4	56,15

V primeru prenove lahko letno rabo primarne energije zmanjšamo z zamenjavo energentov potrebnih za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode. Z zamenjavo energentov (preglednica 14) s toplotno črpalko karakteristik prikazanih v preglednici 72 [12], se Q_P/A_u zmanjša na $76,55kWh/m^2a$, s čimer izpolnimo drugo zahtevo AN sNES za izpolnjevanje zahtev o sNES. S toplotno črpalko pripomoremo k 40,5% zmanjšanju Q_P , pri čemer bi bilo za izpolnjevanje zahtev AN sNES za doseg sNES potrebno zagotoviti še vsaj 1577kWh energije z drugimi viri OVE, npr. s sprejemniki sončne energije. Zaradi omejitve vsebine diplomske naloge pa se s tem aspektom nisem eksplicitno ukvarjala.

Preglednica 72: Podatki o načinu ogrevanja, hlajenja in pripravi tople vode prenovljenega objekta [12]

Energent in učinkovitost sistema	Ogrevanje	Hlajenje	Topla voda
	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka	Toplotna črpalka
Generacija	2	2,5	2
Distribucija	0,95	0,95	0,95
Emisija	0,8	0,96	1,0

8 Zaključek

Namen diplomske naloge je bil na primeru izbranega objekta raziskati vpliv izbranih ukrepov za doseganje večje energetske učinkovitosti.

Obravnavan je bil primer starejše enodružinske hiše iz leta 1967, ki sodi v obdobje gradnje pred prvo energetske krizo in za katerega je značilno pomanjkanje uporabe toplotno izolativnih materialov.

S programskim orodjem TOST je bil izveden izračun energetske bilance. Ugotovili smo da je po zahtevah PURES 2010, letna raba primarne energije presežena s trikratno vrednostjo dovoljene. Letna potrebna toplota za ogrevanje, preračunana na enoto neto uporabne površine, pa je s $358,9 kWh/m^2a$ dovoljeno količino presegla s kar enajstkratno vrednostjo. Tako zasnovan objekt se, zaradi slabe toplotne izolativnosti stavbnega ovoja in posledično visoke rabe potrebne toplote, uvršča med energetske neučinkovite objekte razreda G.

Z analizo petih izbranih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti ugotovimo, da so največji prihranki potrebne toplote za ogrevanje doseženi z ukrepom izboljšanja toplotne izolativnosti stavbnega ovoja in medetažnih konstrukcij. Predlagan ukrep, z 72% zmanjšanjem transmisijskih izgub, pripomore k 65% zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje. K zmanjšanju toplotnih izgub objekta močno pripomoreta tudi zamenjava oken (24%) in uporaba nočne izolacije (4%). Z ukrepom prekinjenega ogrevanja lahko z zmanjšanjem temperature za $2^{\circ}C$ v nočnem času vplivamo na 6% zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje, z uporabo mehanskega prezračevanja pa se ta zmanjša za 7%.

V skladu s PURES 2010, bi bilo mogoče zahteve o skoraj nič-energijskem objektu doseči tudi brez uporabe nočne izolacije. V tem primeru bi bilo potrebno del končne energije za ogrevanje, hlajenje ter pripravo tople vode pridobiti s pomočjo OVE.

S kombinirano uporabo vseh predlaganih ukrepov se letna potrebna toplota za ogrevanje zmanjša na $21,61 kWh/m^2a$, kar objekt po zahtevah PURES 2010 uvršča med nizko-energijske. Za izpolnjevanje zahtev o sNES, kot jih predvideva AN sNES bi bilo potrebno letno rabo primarne energije preračunano na enoto kondicionirane površine zmanjšati še za $33,69 kWh/m^2a$ (26%). Zadostno zmanjšanje letne rabe primarne energije Q_P bi lahko dosegli z zamenjavo obstoječih energentov za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode s toplotno črpalko, vsaj $1577 kWh$ energije pa bi bilo po zahtevah AN sNES potrebno pridobiti s pomočjo OVE-npr. s sprejemniki sončne energije. Zaradi omejitve vsebine diplomske naloge se z aspektom OVE nisem eksplicitno ukvarjala.

Direktiva EPBD-r pa se poleg prenov obstoječih objektov nanaša tudi na gradnjo novih. Z namenom primerjave deleža energetske učinkovitosti, ki jo je mogoče doseči v primerjavi s sodobnim novogradnjam, sem izvedla dodatno analizo s pomočjo štirih predlaganih primerov.

Ugotovim, da se v primeru novogradnje v primerjavi s prenovljenim stanjem, letna raba primarne energije v povprečju zmanjša za 52%. S spremembo zasnove konstrukcijskih sklopov lahko v sezoni ogrevanja dosežemo 40%, v sezoni hlajenja pa 4% zmanjšanje toplotnih izgub v primerjavi s prenovljenim objektom. Kljub zmanjšanju toplotnih izgub v sezoni hlajenja pa zmanjšanje toplotne prehodnosti tako transparentnih kot netransparentnih elementov stavbnega ovoja pripomore k povečanju letno potrebnega hlada za hlajenje, ki se v primeru novogradnje, v primerjavi s prenovljenim stanjem, v povprečju poveča za 10%.

S predpostavljeni primeri novogradnje dosežemo zahteve o sNES, kot jih dovoljuje PURES 2010, za izpolnjevanje zahtev AN sNES pa bi bilo potrebno del energije pridobiti s pomočjo OVE.

VIRI

- [1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, L 153
- [2] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor 2010.
- [3] Energetska učinkovitost in energetska izkaznica. 2015. EPBD 2002/2010.
<http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/epbd-20022010/> (Pridobljeno 3. 4. 2015.)
- [4] Energetska učinkovitost in energetska izkaznica.2015. Prenos v slovensko zakonodajo.
<http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/prenos-v-slovensko-zakonodajo/> (Pridobljeno 3. 4. 2015.)
- [5] Zakon o graditvi objektov (uradno prečiščeno besedilo) (ZGO-1-UPB1) Ur.l. RS št. 102/2004.
- [6] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Ur.l. RS št. 52/2010.
- [7] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur.l. RS št.42/2002.
- [8] Energetski zakon EZ-1. Ur.l. RS, št.17/2014.
- [9] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Ur.l. RS št.92/2014.
- [10] Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo. Ur.l. RS št.35/08.
- [11] Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu okolja. Ur.l. RS št.92/2013.
- [12] Krainer, A., Predan R.. 2012. Računalniški program TOST. Uporabniški priročnik, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [13] Krainer, A., Predan, R.. 2012. Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [14] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) Ur.l. RS št. 41/2004.
- [15] Atlas okolja. 2015.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (pridobljeno 25. 7. 2015)

[16] Seliškar, N. 1997. Stavbarstvo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: obseg 1zv. (loč. pag.)

[17] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS. Ur. l. EU, L88, 4.4.2011.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF> (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

[18] Kovič, S., Praznik, M. 2015. Sanacija večstanovanjskih stavb v pasivnem in nizkoenergijskem standardu. Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., Center za bivalno oklje, gradbeno fiziko in energijo.

http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/33-sanacija_vecstanovanjskih_stavb_sl.pdf (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

[19] Hiti, S. 2006. Povezanost prostostoječe hiše z bivalnim vrtom. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, samozaložba S. Hiti: 97 f.

[20] Housing statistics, Statistic Explained. 2015. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Housing_statistics (Pridobljeno 20. 8. 2015.)

[21] Naseljena stanovanja, Slovenija, 1.januar 2011. Statistični urad RS.

<http://www.stat.si/StatWeb/glavnanavigacija/podatki/prikazistaronovico?IdNovice=4420> (Pridobljeno 20. 8. 2015.)

[22] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES). 2015. Republika Slovenija, Ministrstvo za infrastrukturo: str. 24.

[23] ALU in PVC rolete. 2015. SeCOM. <http://www.oknainvrata.com/alu-in-pvc-rolete.html> (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

[24] URSA. Katalog izdelkov. Tehnične informacije in načini vgradnje izolacijskih materialov URSA XPS. 2010. <http://www.ursa.si/sl-si/izdelki/Documents/Ursa-Tehn-informacije-XPS-2010-skupni.pdf> (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

[25] Juting montažne hiše. 2015. <http://www.juting.si/medeta-na-plo-a.html> (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

[26] Knauf Insulation. Učinkovite izolacijske rešitve za podstrešja, sistemi pohodnih in nepohodnih površin na zadnji plošči. 2013.

[27] Riko Hiše d.o.o. Tehnična brošura. 2011. http://www.riko-hise.si/si/files/default/Riko-hise/brosure/tehnica_brosura_2011.pdf (Pridobljeno 1.8.2015.)

PRILOGE:

- A Tloris kleti
- B Tloris pritličja
- C Tloris nadstropja
- D Tloris ostrešja
- E Prečni prerez